

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky

Monitorování automatizace Smart Home v rámci IoT

Smart home automation monitoring within IoT

Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Filák**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Monitorování automatizace Smart Home v rámci IoT**
Smart Home Automation Monitoring within IoT

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pomocí vhodných SW a HW nástrojů proveďte implementaci vybrané metody pro monitorování automatizace Smart Home (SH) v rámci IoT.

1. Proveďte rešerši a analýzu současného stavu způsobů monitorování a řízení provozně technických stavů v SH v rámci IoT.
2. Popište možnosti KNX technologie pro automatizaci SH v rámci IoT.
3. Vytvořte SW aplikaci zajišťující propojení technologie KNX s IBM cloud technologií v rámci IoT pro monitorování automatizace SH.
4. Proveďte test funkčnosti a spolehlivosti implementovaného systému v SH v rámci IoT.
5. Pomocí vytvořené aplikace zajistěte monitorování obsazenosti vybraných prostor SH v reálném čase v rámci IoT.
6. Proveďte shodnocení a porovnání dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Merz H. a kol.; Automatizované systémy budov - Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet, Grada Publishing, Praha 2007, ISBN 978-80-247-2367-9.
- [2] Harper R.; Inside the Smart Home. Springer, London, 2003, ISBN 1-85233-688-9.
- [3] Clements – Croome D.; Intelligent Buildings: Design, Management and Operation, Thomas Telford Limited, London 2004, ISBN 0 7277 3266 8.
- [4] Othmar Kyas. How to Smart Home. Key Concept Press. New York. 2015. ISBN 978-3-944980-07-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vaňuš, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

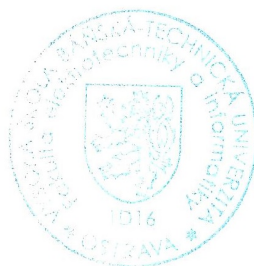
Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Jan Platoš, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty



Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 28. dubna 2019

.....
J. K. Z.

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 28. dubna 2019

.....


Děkuji panu Ing. Janu Vaňušovi Ph.D. za odborné konzultace, díky kterým mohla má bakalářská práce vzniknout

Abstrakt

Tato bakalářská práce (dále BP) se zabývá zajištěním konektivity pro komunikaci mezi SmartHome-inteligentní budovou a vzdálenými cloudovými službami firmy IBM. Jako nástroj pro komunikaci mezi cloud technologií a budovou vybavenou sběrníkovou instalací KNX je zde popsán implementovaný SW, který slouží jako brána mezi těmito různými technologiemi tak, aby bylo možno přistupovat ke KNX instalaci v rámci internetu věcí. Další část se zabývá implementací aplikace pro monitorování přítomnosti osob v budově na základě přenášených dat z KNX instalace do IBM Cloudové služby. Klíčovou částí této práce je přenos dat za použití MQTT protokolu a ukládání dat do databáze typu CouchDB. Monitorovány jsou veličiny: množství CO₂ a vlhkosti ve vzduchu, teplota vzduchu, přítomnost osob a hodnota osvětlení. Součástí této práce je také analýza současného stavu způsobů monitorování a řízení provozně technických stavů v SH v rámci IoT formou řešerší. Dále jsou popsány možnosti integrace KNX instalace a IoT. Na závěr je proveden test funkčnosti všech vyvinutých SW a porovnání dosažených výsledků.

Klíčová slova: KNX, IBM, Cloud, IoT, gateway, monitorování provozně-technických stavů, určení přítomnosti osob

Abstract

This bachelor's thesis deals with the provision of connectivity for communication between a SmartHome-intelligent building and remote cloud services of IBM. As a tool for communication between the cloud technology and a building equipped with a KNX bus installation, the implemented SW is described here, which serves as a gateway between these various technologies so that the KNX installation can be accessed within the Internet of Things. The next part deals with implementation of the application for monitoring of the presence of people in the building based on the transferred data from the KNX installation to the IBM Cloud service. The key part of this work is the transfer of data using the MQTT protocol and data storage in the CouchDB database. Quantities are monitored: CO₂ and humidity in the air, air temperature, presence of people and lighting value. Next part of this work is also an analysis of the current state of the methods of monitoring and control of operational technical states in SH within the IoT in the form of the research. The possibilities of integration of the KNX installation and the IoT are described below. Finally, a software test is performed and a comparison of the results achieved.

Key Words: KNX, IBM, Cloud, IoT, gateway, monitoring and control of operational technical states, monitoring of persons presence

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	10
Seznam obrázků	11
Seznam výpisů zdrojového kódu	13
1 Úvod	14
2 Rešerše způsobů monitorování a řízení provozně-technických stavů v SH	15
3 Smart Home	19
3.1 Definice Smart Home	19
3.2 Pohled do historie	20
4 IoT	22
4.1 Definice internetu věcí	22
4.2 Oblasti využití IoT	23
4.3 Technologie přenosu dat	24
4.4 Komunikační protokoly	25
4.5 Cloud computing	27
5 KNX technologie	28
5.1 Konfigurační software ETS5	28
5.2 Topologie KNX TP	28
5.3 Možnosti KNX technologie pro automatizaci SH v rámci IoT	30
5.4 KNX Web service	30
5.5 Aplikace třetích stran	31
6 Propojení technologie KNX a IBM cloudové technologie	32
6.1 použité technologie a postupy	32
6.2 Implementace konzolové aplikace	37
6.3 Implementace aplikace DesktopGateway	41
7 Testování funkčnosti	44
7.1 Testování spolehlivosti ConsoleGateway	44
7.2 Testování DesktopGateway	45
8 Aplikace pro monitorování obsazenosti určené místnosti	46
8.1 Implementace	46

9	Zhodnocení výsledků	50
9.1	Měření zpoždění přenosu dat	50
9.2	Pozorování vlivu přítomnosti osob na hladinu CO ₂ ve vzduchu	51
10	Závěr	57
	Literatura	59
	Přílohy	64
A	Laboratorní úloha Konektivita KNX - IBM Watson IoT	66
A.1	Cíl úlohy	66
A.2	Zadání	66
A.3	Teoretický rozbor	66
A.4	Nastavení KNX instalace	66
A.5	IBM Watson IoT	68
A.6	DesktopGateway	77
B	Výukové panely a přístroje použité pro interakci	83
C	Aplikace DesktopVisualization	87
C.1	Menu nastavení	87
C.2	Hlavní stránka	88
C.3	Zvolená místnost	88
C.4	vizualizace dat	89

Seznam použitých zkratk a symbolů

DB	– DataBase
DPT	– Datapoint type
ETS	– Engineering Tool Software
GW	– GateWay
IoT	– Internet of Things
JSON	– JavaScript Object Notation
MS	– Microsoft
MQTT	– Message Queuing Telemetry Transport
OS	– Operační Systém
PC	– Personal Computer
SH	– Smart Home
TCP	– Transmission Control Protocol
UDP	– User Datagram Protocol
XML	– Extensible Markup Language
KNX	– Konnex
oBIX	– Open Building Information Exchange
OPC UA	– Object Linking and Embedding for Process Control Unified Architecture
KNX/EIB	– Konnex/European Instalation Bus
BACnet-WS	– Building Automation Control network - Web Services
IP	– Internet protocol
TP	– Twisted pair
SDK	– Software Development Kit

Seznam obrázků

1	Disney Future Home [25]	20
2	Blokové schéma IoT [32]	22
3	MQTT blokové schéma	25
4	KNX topologie [51]	29
5	KNX telegram [51]	30
6	Schema KNX IoT [49]	31
7	Blokové schéma vytvářeného systému	33
8	Konfigurace sensoru MTN6005-0001	34
9	Schéma implementovaného řešení	37
10	Konzolový výpis spuštěné Gateway	39
11	Datapoint 9.XXX[48]	40
12	převod binární hodnoty	40
13	Use case diagram - DesktopGateway	42
14	Průběh snímaných veličin	45
15	Use case diagram - Aplikace pro monitorování	46
16	měření zpoždění přenosu dat	50
17	Rozvrh výuky v učebně EB312 v měřeném období	51
18	Koncentrace CO ₂ ve vnitřním prostředí[54]	52
19	Průběh měřených hodnot - březen 2019	53
20	Průběh měřených hodnot - duben 2019	54
21	Hodnoty v týdnu 8.-14.dubna 2019	54
22	vliv přítomnosti osob na CO ₂	55
23	Blokové schéma	66
24	Nastavení datového typu	67
25	Export skupinových adres	67
26	Export skupinových adres - výstupní soubor	68
27	Registrace IBM Watson IoT - krok 1	68
28	Registrace IBM Watson IoT - krok 2	69
29	Registrace IBM Watson IoT - krok 3	69
30	Registrace IBM Watson IoT - krok 4	70
31	Registrace IBM Watson IoT - krok 5	70
32	Registrace IBM Watson IoT - krok 6	71
33	Registrace IBM Watson IoT - krok 7	71
34	Registrace IBM Watson IoT - krok 8	71
35	Blokové schéma	72
36	Blokové schéma	72
37	Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 1	73

38	Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 2	73
39	Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 3	74
40	Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 4	74
41	Watson IoT - nové zařízení - krok 1	74
42	Watson IoT - nové zařízení - krok 2	75
43	Watson IoT - nové zařízení - krok 3	75
44	Blokové schéma	75
45	Watson IoT - přehled registrovaných zařízení	76
46	Watson IoT - nový Device type (Sensor) - krok 1	76
47	Watson IoT - nový Device type (Sensor) - krok 1	76
48	Watson IoT - nový Device type (Sensor) - krok 1	77
49	Nastavení připojení	78
50	Nastavení dat	78
51	Připojení a testování	79
52	Kontrola připojení ve webovém rozhraní IoT Platform	79
53	Kontrola příjmu testovacích dat	80
54	Menu Board	80
55	Nový Board	81
56	Otevřít Board	81
57	Vytvořit nový graf	81
58	Pohled na přenášená data	82
59	Pohled na přenášená data	82
60	MTN663991	84
61	MTN6005-0001	84
62	MTN630719	84
63	MTN631719	84
64	MTN680329	84
65	MTN681799	84
66	Panel bytové jednotky z přední strany	85
67	Panel bytové jednotky ze zadní strany	85
68	Panel s ovládacími prvky	85
69	Žaluziový modul a senzor teploty a jasu	85
70	KNX/IP Router	86
71	USB rozhraní	86
72	Senzor přítomnosti	86
73	Menu nastavení	87
74	Menu Hlavní stránka	88
75	Zvolená místnost	88
76	Graf průběhu hodnot	89

Seznam výpisů zdrojového kódu

1	Sestavení spojení s KNXnet/IP routerem	38
2	Navázání spojení s Watson IoT	38
3	Odeslání dat do služby Watson IoT	41
4	Navázání USB spojení s KNX instalací	43
5	Příklad query dotazu	47
6	Ukázka zdrojového kódu vracející výsledky ukázkového dotazu	48

1 Úvod

Automatizované chytré elektroinstalace byly ještě donedávna výsadou spíše komerčních objektů. Stále více lidí však chce využívat možnosti inteligentní instalace ve svých domovech. Na trhu je již mnoho firem zabývajících se chytrými instalacemi. Ceny takových systémů se stávají přijatelnějšími v poměru s tím, co zákazník získá a to je vysoká úroveň a spolehlivost.

Jednou z motivací zákazníka pro monitorování a řízení provozně-technických stavů budovy může být i přehled o dění v budově. Pomocí měření různých fyzikálních veličin lze odvodit zapomenuté otevřené okno, neoprávněný vstup, či přítomnost lidí v budově. Jinou motivací pro monitorování prostor může být péče o lidi s hendikepem či seniory. Pro monitorování a ovládání provozně-technických stavů budovy je dnes čím dál více využíván internet věcí, který značně usnadňuje vzdálenou komunikaci s budovou odkudkoliv na světě. Jedná se o oblast, která je poměrně mladá a v neustálém vývoji. Čím dál významnějšími hráči ve světě IoT se však stávají nadnárodní společnosti jako jsou Google, IBM, Amazon, apod. Přicházejí se svými službami, které provozují na svých serverech a ty nabízejí zákazníkům. Tyto služby jsou obecně označovány jako Cloud computing.

První část této práce se formou rešerše zabývá současnými způsoby monitorování a řízení provozně-technických stavů v rámci IoT. Čtenář je dále uveden do stručné historie inteligentních budov a seznámen se základními principy internetu věcí, způsoby komunikace a jsou popsány některé způsoby, jakým jsou dnes inteligentní instalace řešeny. Dále je popsáno možné řešení, jak lze integrovat inteligentní instalaci KNX a internet věcí. Inteligentní instalace KNX je pospána komplexněji, zejména způsob komunikace.

Praktická část se zaměřuje na vývoj softwaru pro konektivitu KNX instalace a IBM Watson IoT platformy. V této části je vyvíjena jednoúčelová konzolová aplikace a také desktopová aplikace, která nabídne studentům uživatelské prostředí. Kapitola věnovaná testování vyvinutého softwaru.

V návaznosti na úspěšné vytvoření konektivity v předchozí kapitole se druhá část praktické části práce věnuje vývoji vizualizačnímu programu pro monitorování provozně technických stavů, který pracuje s historickými a živě přenášenými daty.

Závěr práce se věnuje vyhodnocení a porovnání poznatků získaných při testování vyvinutých aplikací, monitorování spolehlivosti a rychlosti přenosu dat službou Watson IoT platform.

2 Rešerše způsobů monitorování a řízení provozně-technických stavů v SH

Inteligentní budovy a internet věcí jsou dva odlišné pojmy, které však spolu mohou úzce souviset, jelikož požadavkem inteligentních budov je interakce s různými podněty v reálném čase. Interakce probíhají v rámci systému na základě naprogramovaného modelu, či přímo s uživateli a internet věcí tomuto svou podstatou napomáhá. Tato rešerše je zaměřena na současné trendy v oblasti automatizace a monitorování provozně-technických stavů v inteligentních budovách v rámci IoT. Vybrané články se zaměřují zejména na zlepšení životního komfortu ve zdravotní péči, zabezpečení budov, monitorování životního prostředí a dalšími oblastmi, které vedou ke zlepšení každodenního života lidí. Mimo to jsou ve člancích probírány technické problémy, limity a bezpečnost internetu věcí, možnosti, jak jim předejít, či možnosti, jak data shromažďovat, dále zpracovávat a vizualizovat.

A. Asensio a spol. ve své práci představují řešení pro emulování prostředí pro domácí automatizaci, které jsou založeny na standardu KNX. Emulace spočívá ve vývoji virtuálních implementací reálných zařízení, která pracují a komunikují pomocí webové technologie. Technologie implementující tyto virtuální zařízení nám umožňuje vyvinout komponenty, které mohou poskytovat různé typy dat související s instalací (zvuk, video, animace, obrázky atd.) [2].

J. Vaňuš a J. Pětník se ve své práci zaměřují na to, jak propojit standardizovaný KNX SmartHome a cloudovou platformu IoT, která slouží jako integrační vrstva. Dále se autoři zabývají způsobem, jakým lze systém obohatit o rozhraní přirozeného jazyka pomocí cloudových služeb za účelem interakce s inteligentní budovou [3].

M. Jung a spol. ve své práci představují integrační přístup pro systémy automatizace budov s využitím architektury orientované na služby založené na protokolu IPv6, která umožňuje propojení heterogenních technologií do rozsáhlého distribuovaného řídicího systému. Jsou zde uvedeny podrobnosti o konceptu, implementace konceptu a výsledky vyhodnocení výkonu multiprotokolové brány, které nabízejí rozhraní IPv6 na zařízení pomocí nového protokolu CoAP/EXI pro oBIX [8].

J. Vaňuš a spol. se ve své práci zabývají testováním přenosu informací LED světél pro VLC (komunikace viditelným světlem) komunikaci v inteligentním domově. V článku popisují možnosti, jak použít standardizované komunikační médium v instalaci KNX – kroucenou dvojlinku a její propojení s VLC pro vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými technologiemi instalovanými v inteligentní domácnosti [16].

M. Aggarwal a M. Madhukar ve své práci pojednávají o využití informačních technologií jako nástrojů k řešení medicínské problematiky. Popisují použití nástrojů IBM Watson pro integraci s libovolnou aplikací na vytváření zdravotnických aplikací založených na IoT [1].

Autor S. Nandi se ve své práci zabývá problematikou zabezpečení komerčních objektů. V této práci je představen přístup, jak nahradit nákladné služby zabezpečovacích agentur či speciální

hardware pohodlnou, spolehlivou, škálovatelnou a inteligentní alternativou, která je postavena pomocí IBM Watson a IBM IoT [5].

Milica Lekić a Gordana Gardašević ve své práci představují implementaci aplikace Internet of Things (IoT), která provádí snímání teploty a vlhkosti pomocí snímače DHT11 na Raspberry Pi a přenos dat do Cloud společnosti IBM Bluemix. Implementace se provádí pomocí programovacího systému Raspbian Stretch Lite na platformě Raspberry Pi a IBM Internet of Things založené na nástroji Node-RED, který je nainstalován na Raspberry Pi a IBM Cloud [6].

A. C. Martinez ve své práci popisuje přehled možností, jak připojit zařízení IoT ke službám IBM Bluemix, IBM Watson IoT Foundation Platform a dalším volně přístupným technologiím [14].

M. Díaz a spol. ve své práci představují přehled komponent pro integraci Cloud platformy, Cloud infrastruktury a IoT Middleware. Kromě toho v práci řeší některé integrační návrhy a techniky analýzy dat a dále také různé výzvy a otevřené otázky výzkumu [9].

Autoři S.D.T. Kelly a spol. ve svém článku informují o efektivní implementaci systému v rámci IoT, kde pomocí senzorů monitorují domácí podmínky, a to s důrazem na nízké náklady. Prezентují integrovanou síťovou architekturu a propojovací mechanismy pro spolehlivé měření snímaných parametrů a jejich přenos v podobě dat pomocí internetu [10].

J. Koo a Y. G. Kim se ve své práci zabývají problematikou identifikací IoT zařízení (id), jelikož IoT platformy různých organizací (IBM Watson IoT, GS1, OneM2M, atd.) používají různé způsoby identifikací zařízení. Proto autoři analyzují existující způsoby, jak jsou zařízení identifikována a navrhuje konceptní model překladače ID IoT zařízení, který nazvali IoT DNS (Device Name System). Tento nástroj překládá různé typy ID zařízení do oneM2M ID formátu [11].

S. Marksteiner a spol. se ve své práci zabývají bezpečnostním rizikem komunikačních protokolů používaných v IoT. Představují přehled IoT aplikačních domén a diskutují o nejdůležitějších protokolech, používaných v komunikaci bezdrátových IoT zařízeních, kterými jsou KNX-RF, EnOcean, Zigbee, Z-Wave a Thread [13].

Ch. Perera a spol. ve své práci analyzují více než sto IoT řešení, které jsou na trhu a důkladně je studují za účelem identifikace použitých technologií, funkcí a aplikací. Na základě studie rozdělují tato řešení do pěti různých kategorií: nositelná zařízení, chytrá domácnost, inteligentní město, inteligentní prostředí, inteligentní podnik. Tato práce může pomoci při budoucím výzkumu v oblasti IoT. Poskytuje také systematický průzkum stávajících vědeckých prací a řadu potenciálně významných směrů výzkumu [15].

D. Bastos a spol. ve svém článku představují komplexní přehled současných technologií IoT a bezpečnostních otázek se zaměřením na Inteligentní domácnosti a Inteligentní města. Diskutují o možných řešeních, jak zlepšit bezpečnost IoT a to nejen z pohledu dneška, ale také možné bezpečnostní problémy v budoucnosti [18].

S. Tanwar a spol. ve své práci v reakci na problematiku stávajících řešení zabezpečovacích systému, kde hrozí neočekávané problémy spojené s výpadky systému, či jiné neočekávané pro-

blémy, přicházejí s vlastním návrhem pokročilého bezpečnostního systému založeném na IoT k detekování neoprávněného vstupu cizí osoby či jiné neobvyklé události. Tento systém je zaměřen na nízké náklady a používá malé PIR čidla a Raspberry Pi pro minimalizaci zpoždění informačních zpráv uživateli [19].

R. Holý a spol. se ve své práci zabývají návrhem komunikační platformy pro reálné provozy vytápění, ventilace a klimatizace ovzduší v inteligentních budovách. Získaná data jsou uložena v cloudovém prostředí a dále vyhodnocovány dataminingovými metodami. V článku je popsán základní princip provozování popsaného systému a ověření je demonstrováno v reálném prostředí [20].

A. Akinsiku a D. Jadav ve své práci zaměřují na použití Bluetooth Low Energy IoT Beacons (BLE Beacons), což jsou zařízení komunikující pomocí nízkoenergetické verze bluetooth. Autoři představují prototypovou aplikaci BeaSmart, která je nasazena a testována ve výzkumném centru IBM. Tato aplikace umožňuje zaměstnancům i návštěvníkům snadnější pohyb po výzkumném centru, kde je aplikace testována. Dále může BeaSmart sloužit jako nástroj pro vyhodnocování technických a lidských faktorů, na jejichž základě bude možné vytvářet inteligentnější budovy s použitím BLE Beacons [22].

M. Chen a spol. ve své práci analyzují korelace mezi Machine to Machine(M2M), bezdrátovými sítěmi, kybernetickými systémy a internetem věcí. Dále je představena základní architektura M2M a její klíčové prvky. V další části autoři uvádějí pokrok v globální standardizaci M2M a uvádějí některé reprezentativní aplikace například v chytrých domovech či zdravotní péči pro představu, jak mohou být M2M technologie postupně využívány ve prospěch běžného života lidí. V poslední části práce se autoři věnují představení M2M systému, který integruje inteligentní silnici s bezpilotním vozidlem a zvýšení bezpečnosti a efektivitě silničního provozu [23].

S. Ilieva a spol. ve své práci řeší návrh frameworku smartFW, který zjednodušuje integraci zařízení krátkého dosahu, a to v reakci na všeobecný problém, který způsobují velké množství komunikačních protokolů, či nedostatek standardů pro výrobu těchto zařízení. SmartFW funguje jako prostředník mezi integračními platformami koncových uživatelů k řízení chytrých budov a připojených zařízení v nich připojených [7].

J. Vaňuš a spol. ve své práci popisují měření koncentrace CO_2 pro detekci a monitorování obsazenosti místnosti v SmartHome Care(SHC). Ve druhé části je práce zaměřena na návrh implementace umělé neuronové sítě založené na algoritmu Levenberg-Marquardt (LMA) pro detekci přítomnosti člověka v místnosti SHC s využitím prediktivního výpočtu koncentrací CO_2 , získaných měřeními teploty (vnitřní, venkovní) a relativní vlhkost vzduchu [4].

L. Mainetti a spol. se ve své práci zabývají problematikou interoperability mezi různými systémy chytrých instalací, což přináší problém implementace mobilních aplikací. Autoři v tomto článku navrhuji flexibilní přístup, který umožňuje skrz Android terminál efektivně spravovat automatizované systémy budov. Toto řešení je založeno na schopnosti sémantického popisu aplikační struktury a funkcionality zařízení [12].

Autor M. Bajer se ve svém článku zabývá současnými trendy v automatizačních systémech inteligentních budov a pokouší se odpovědět na otázky spojené se snížením spotřeby energií v těchto budovách. Zároveň se zaměřuje na současná řešení, zejména řešení firmy ABB [17].

J. Vaňuš a spol. ve své práci popisují návrh a ověření nepřímé metody předpovědi průběhu koncentrace CO_2 na základě měřených hodnot teploty, a to jak vnitřní, tak venkovní a relativní vlhkosti v objektu za pomoci umělé neuronové sítě s využitím Bayesovské regulační metody pro sledování přítomností osob v budově. Dále článek popisuje návrh a implementaci vizualizační mobilní aplikace FEIVISUAL pro Android zařízení. Popsaná metoda predikce CO_2 může snížit investiční a provozní náklady, jelikož by mohlo být možné použít menší počet senzorů v inteligentní budově [21].

3 Smart Home

Co je tedy dnes standardem bydlení a co lidé od svého chytrého domu očekávají, nebo mohou očekávat? V první řadě je to komfort. Lidé jsou ochotní investovat peníze, aby si život zpříjemnili. Vždyť ve svém domově tráví spoustu času, tak proč by si s ním nemohli třeba povídat? Budoucnost ovládání funkcí domácnosti se dá vidět právě v hlasovém ovládání v rodném jazyce uživatele. Ovládání hlasem ale není jen o pohodlnosti a komfortu. Může sloužit i jako zdravotní pomůcka pro lidi s různými pohybovými nebo jinými hendikepy. Stínící technika se zase samostatně ovládá podle režimu spánku obyvatel domu, učí se, kdy osoby vstávají a podle toho pouští do objektu světlo s předstihem, tak, aby se uživateli lépe vstávalo.

3.1 Definice Smart Home

Smart Home - automatizovaná neboli inteligentní domácnost. Jedná se o výraz pro moderní životní prostředí v kontrastu ke konvenčním budovám. Smart Home se vyznačuje vysokým stupněm automatizace procesů, které ve standardních domácnostech obsluhuje člověk. Jedná se zejména o řízení osvětlení, řízení teploty vzduchu a vzduchotechniky, vybavení kuchyně, zabezpečovací techniku, ovládání dveří a oken, energetické hospodářství, řízení multimediální a spotřební elektroniky a mnoho dalšího. SmartHome spojuje řadu automatizovaných systémů a spotřebičů do společné interoperability s centrálním řízením a kontrolou. Jedním z hlavních cílů je zvýšit požadovanou úroveň komfortu uživatele s úsporou nákladů na energii. A samozřejmě umožňuje, aby byl život snazší a pohodlnější. Hlavním, společným rysem spotřebičů SmartHome (inteligentních zařízení) je vzájemná propojenost a interoperabilita, která je nezbytná pro efektivní provoz inteligentní budovy. [51]

Samozřejmostí chytrého domu by měly být i možnosti dodatečné konfigurace funkcionality bez zbytečných zásahů do instalace, možnosti nastavení teplot v domě v závislosti na venkovním prostředí, automatizace zahradní techniky, sdělování aktuálních hodnot a celkových informací uživateli například pomocí ovládacího displeje, atd.

Vhodná konfigurace instalace úzce souvisí i s dalším důležitým a pro mnohé nejdůležitějším důvodem, proč si pořídit chytrou instalaci a tím je úspora energie. Senzory přítomnosti mohou reagovat na nepřítomnost uživatele vypnutím spotřebičů, které nemusí být zapnuty. Dále například vhodné nastavení žaluzií může v nepřítomnosti uživatele pouštět v chladném období do oken sluneční svit, čímž pouští do objektu teplo, nebo naopak v horkých letních měsících automaticky okna zastínit, aby si dům lépe udržel chladnější vzduch a tím šetřil energii na vytápění nebo klimatizaci. Všechny tyto funkce by měly být v chytrých instalacích standardem a již nějakou dobu na trhu jsou. Příkladem může být firma KNX a její řešení decentralizované chytré elektroinstalace, která je popsána níže, nebo řešení společnosti Loxone.

3.2 Pohled do historie

Před desítkami let si lidé budoucnost bydlení představovali docela jinak. Mysleli si, že život jim budou usnadňovat humanoidní roboti, kteří za ně budou vykonávat domácí práce. Ani dnes tato myšlenka nemusí být úplně mylná, protože vědci na vývoji inteligentních humanoidních robotů stále pracují. Nicméně trendy v bydlení se posouvaly úplně jiným směrem.

V roce 1950 v americkém městě Jackson v Michiganu vznikl jedinečný projekt s názvem Push-Button Manor – panství na tlačítko, jehož autorem byl Emil Mathias. Téměř vše v domě bylo možno ovládat tlačítkem. Mezi některé z funkcí patřilo ovládání oken a žaluzií, automatické spínání rádia v určité časy, nebo třeba bezpečnostní prvky, které kontrolovaly, zda jsou dveře a okna zamčené a mnoho dalších funkcí. [24]

V roce 1957 představila svůj „Dům budoucnosti“ společnost Disney v Disneylandu v Kalifornském Anaheimu. Tento dům mohla veřejnost navštěvovat až do roku 1967. Expozice obsahovala mimo jiné například elektronicky výškově nastavitelný dřez podle potřeb uživatele, mohly ho tedy používat děti, hands-free komunikátor, automatické ovládání žaluzií a mnoho dalšího. [24] Expozice byla u veřejnosti oblíbená a svědčila o zájmu lidí o moderní bydlení.



Obrázek 1: Disney Future Home [25]

ECHO IV – the Electronic Computing Home Operator byl “domácí” počítač, jehož autorem byl Jim Sutherland. Sestavil ho v roce 1966 z přebytků firmy Westinghouse Prodac-IV se svolením svého zaměstnavatele. Obsahoval čtyři skříně, vážil cca 360Kg a jeho konstrukce Sutherlandovi zabrala necelý rok. Obsahoval Centrální procesorovou jednotku, magnetickou paměť, vstupně – výstupní obvody a napájecí zdroje. Systém se ovládal několika klávesnicemi a terminály. Monitoroval teplotu a bylo také možné ovládat zapínání a vypínání přístrojů. Systém ECHO IV se sice dostal do popředí zájmu médií, ke komerčnímu prodeji však nikdy nedošlo. [26]

Další rozvoj přichází v osmdesátých letech s nástupem programovatelných termostatů, u kterých je možno regulovat čas a teplotu, kdy se má topný systém spínat. V této době se také do domácností dostávají osobní počítače a také byl oficiálně zaveden pojem Chytrý dům, a to v roce 1984. S myšlenkou ovládat funkce domu pomocí kapesního zařízení přichází roku 1999 firma Microsoft [26]. Vývoj a miniaturizace elektroniky v novém tisíciletí umožnil rozmach chytrých domácností a dnes je tedy možné ovládat funkce domu pomocí tabletu, mobilního telefonu, či jiného komunikačního zařízení.

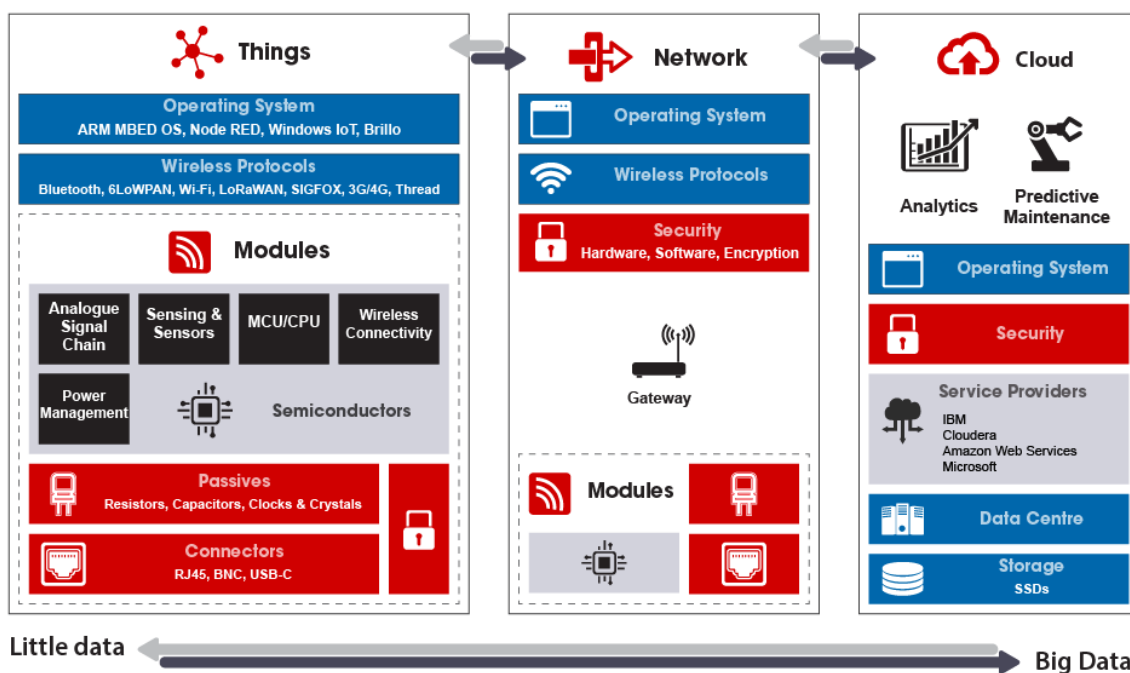
4 IoT

Doba se vyvíjí a do chytrých domácností vstupuje internet věcí (IOT). Na internetu, odborných publikacích, mezi odbornou i laickou veřejností velmi diskutovaný pojem, který se ale poměrně složitě definuje, jelikož internet věcí se stále rozvíjí a zasahuje do mnoha oborů lidské činnosti.

4.1 Definice internetu věcí

Internet věcí je síť vzájemně propojených zařízení, které si mohou vyměňovat informace a být vzájemně interaktivní. Každé z těchto zařízení musí být jednoznačně identifikovatelné a adresovatelné. Pro komunikaci jsou používány standardizované komunikační protokoly. Cílem je vytvoření autonomních systémů, které jsou schopny na základě získávaných dat z zařízení zcela nezávisle provádět očekávané činnosti. V praxi to znamená, že čím více dat bude shromažďováno, tím lépe mohou být analyzovány, což může být v dané oblasti užitečné.[52]

Ve svém článku o úvodu do internetu věcí autor Antonín Vojáček popisuje Architekturu IOT jako model skládající se ze tří základních prvků [32]. Lepší představu nabízí Obrázek 2. Do prvního bloku spadají samotné „věci“, což jsou všechna zařízení připojená k síti, ať už pomocí kabelu či bezdrátově a poskytují zcela nezávisle data. Druhý blok představuje síť, která slouží jako komunikační prostředek mezi věcmi samotnými a řídicím systémem. Do třetího bloku spadá zpracování dat, což může být cloud, vzdálený server, na kterém jsou data dále zpracována.



Obrázek 2: Blokové schéma IoT [32]

Rozvoji internetu věcí dnes nahrává zejména rychlý vývoj nových zařízení vhodných pro IOT a jejich stále se snižující cena. Pro rok 2020 se odhaduje, že počet připojených IOT zařízení může být 30 miliard [29]. Toto číslo se ale u různých zdrojů rozchází, nicméně jisté je, že počty jdou do desítek miliard. To s sebou přináší i problematiku adresace v internetu, protože adresy z adresního prostoru IPv4 byly již vyčerpány v roce 2011, ale s příchodem IPv6 by vyčerpání adres nemělo hrozit, protože v tomto adresním prostoru je 2^{128} adres, což je obrovské číslo, pro představu je to cca 66 triliónů IP adres na každý centimetr čtvereční zemského povrchu včetně oceánů. [48] [28]

4.2 Oblasti využití IoT

Internet věcí nachází uplatnění v mnoha odvětvích lidské činnosti. Mezi současná témata patří:

- **Chytrá města**

Ve městech může být příkladem pomoc silnému provozu kde díky sdíleným informacím samotných automobilů lze vypočítat dobu průjezdu městem ve špičce a navrhovat objízdné trasy, které mohou být sdělovány informačními tabulemi. Monitoring parkovacích míst lze využít například v mobilní aplikaci, ve které si řidič najde volné parkovací místo. Sledováním naplněnosti odpadních kontejnerů lze optimalizovat čas svozu odpadů a zvýšit efektivitu práce komunálních služeb a mnoho dalšího.

- **Průmysl 4.0**

V energetice lze využít zařízení pro dálkové odečty energií, což ušetří čas a peníze jak energetickým společnostem, tak i obyvatelům domů a bytů, kde často musí být kvůli návštěvě technika přítomni. Často jsou zařízení doplňována o senzory, které indikují, že je něco v nepořádku. Například dlouhodobější změna vibrací stroje může znamenat brzkou poruchu, které se dá včas předejít.

- **SmartHome**

Využití IoT se nabízí také v chytrých domácnostech. Napojení automobilu se zbytkem instalace může interagovat s garážovými vraty a bránou a zajistí, že se otevrou, jakmile se uživatel vrací autem domů, nastaví potřebnou teplotu vzduchu, uvaří kávu, zkrátka cokoli, co je připojeno k internetu věcí, lze konfigurovat a ovládat. Dalším příkladem může být chytrá lednice, která si monitoruje stav zásob a dle potřeby si je z internetu objedná a uživatel si zboží pouze převezme. Firma Amazon přišla se zařízením Dash Button [31], což je jednoúčelové zařízení, které obsahuje pouze tlačítko a připevní se na jakýkoliv „hloupý“ spotřebič, jako je například obyčejná myčka nádobí. Toto konkrétní tlačítko je nastaveno tak, aby po stisknutí objednalo mycí prostředek pro tuto myčku, takže pokud uživatel zjistí, že mycí prostředek dochází, stiskne tlačítko a o víc se nestará, jen převezme zboží.

4.3 Technologie přenosu dat

Sbíraná data je samozřejmě nutné efektivně přenášet. Jedná-li se o bezdrátové přenosy dat, tak mezi nejdůležitější parametry bude patřit zejména dosah, energetická náročnost, bezpečnost přenosu, formát a náročnost zpracování dat a rychlost přenosu. Konkurence v tomto segmentu je poměrně velká. Mezi některé základní bezdrátové komunikační technologie patří:

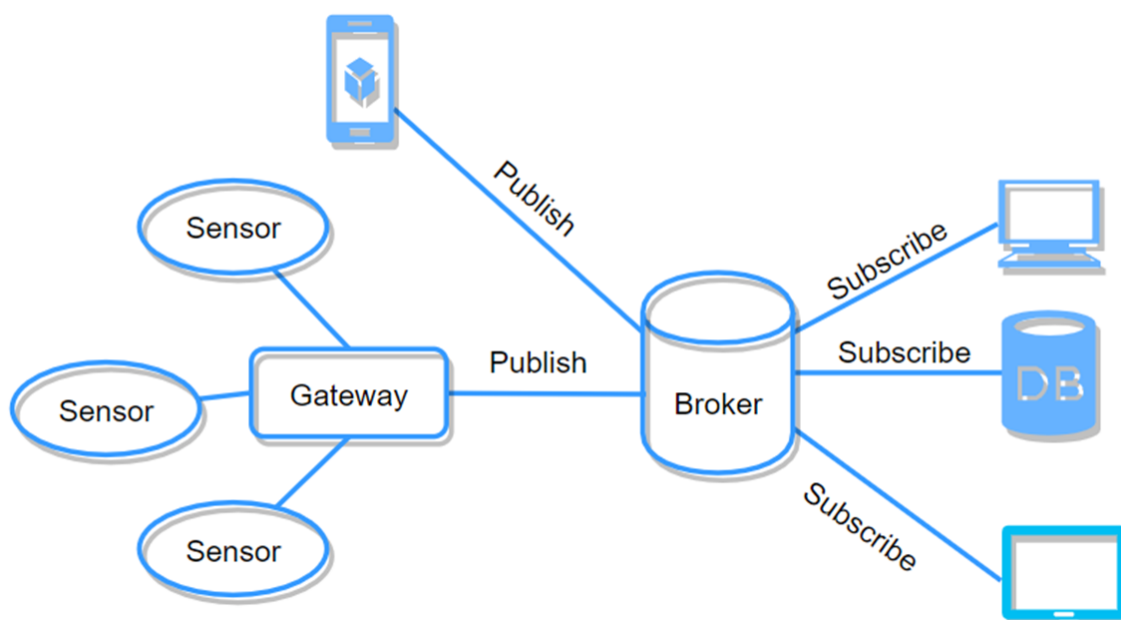
- **BLE -Bluetooth Low Eneergy**– Komunikační standart vhodný zejména tam, kde je požadována nízká spotřeba energie. Pracuje v pásmu 2.4GHz a jeho přímý dosah je až 300m. Od běžného Bluetooth standardu se liší, ten je totiž vhodný ke stálému proudění dat, například přenos zvuku, a to sebou nese i poměrně vysokou spotřebu energie. BLE zařízení se ale většinu času udržuje v „uspaném“ režimu, kdy má minimální spotřebu. Probouzí se pouze v okamžiku, kdy je potřeba přenést data. Přenos trvá řádově milisekundy. Výhodou je tedy dlouhý chod s malým energetickým zdrojem, například knoflíkovou baterií. Nevýhodou může být poměrně malý objem přenášených dat, jelikož v praxi přenosové rychlosti dosahují 100kb/s.[33]
- **LoRaWAN**– zajišťuje obousměrnou komunikaci v internetu věcí. Pracuje v pásmu do 1GHz a přenosové rychlosti jsou od 300 b/s po 50kb/s. Dosah ve volném terénu je až 40Km, v zastavěné oblasti 2-5km. Pro minimalizaci energetických nároků síťový server LoRaWan upravuje přenosovou rychlost pro každé koncové zařízení zvlášť. Využívá k tomu systém adaptivní rychlosti přenosu. Rozlišují se tři třídy zařízení:
 - Třída A – podpora obousměrné komunikace
 - Třída B – zařízení této třídy otevírají mimořádná přijímací okna v nastavenou dobu
 - Třída C – přijímací okna jsou otevřena téměř nepřetržitě a zavírají se pouze při vysílání[34]
- **Sigfox** – Využití například v dálkových odečtech energií, nebo tam, kde mají být zařízení stále zapnutá a posílat malé množství dat. Dlouhá výdrž zařízení na baterii. Rychlost přenosu 100b/s [35]
- **ZigBee**– pracuje v pásmu 2.4GHz, ale v Evropě se lze setkat i s pásmem 868Mhz. Je definovaná standardem IEEE 802.15.4 V mnohém se podobá BLE. Využití v mesh sítích [36].
- **Z-Wave**– v Evropě pracuje v pásmu 868.42MHz, dosah 100m v závislosti na překážkách v cestě signálu. Díky nízké spotřebě energie je vhodný do zařízení napájených baterií. Ve svých výrobcích najde využití nejméně u 325 výrobců sdružených v Z-Wave alianci. V roce 2015 certifikováno více než 1350 zařízení pracujících s touto technologií. Velmi vhodný v domácí automatizaci [37].

4.4 Komunikační protokoly

Pro přenos dat v IoT se nabízí hned několik komunikačních protokolů. Pro IoT neexistuje žádný standardizovaný protokol, ovšem některé jsou pro toto odvětví vhodnější než jiné. Níže jsou popsány základní používané protokoly:

- **MQTT**

Tento protokol je zde popsán podrobněji, jelikož je použit pro komunikaci v praktické části této práce. Vznikl v roce 1999 a vyvinula ho firma IBM. Dnes spadá pod Eclipse foundation. Zkratka znamená Message Queuing Telemetry Transport. Je jednoduchý a velice vhodný pro IOT, ale samozřejmě i pro jiné oblasti. MQTT je postaven na návrhovém vzoru Publisher-Subscriber. Výměnu zpráv umožňuje centrální MQTT broker. Ten se stará o to, že přijatá data od publisherů – odesílatele zpráv distribuuje přihlášeným odběratelům – subscriberům.



Obrázek 3: MQTT blokové schéma

O obsah zpráv samotných se broker nestará. Většinou se jedná data ve formátu JSON, XML, binární data, textová data apod. Maximální velikost jedné zprávy může být až 256MB. Identifikace zpráv je založena na základě tzv. topiců neboli témat. Jedná se o hierarchickou strukturu. Zařízení může v různých topicích figurovat jako odběratel i jako odesílatel.

Každá zpráva však patří pouze do jednoho daného topicu. Jednotlivé úrovně v této hierarchii jsou odděleny lomítkem. Klasickým příkladem může být tlačítko ovládající osvětlení. Odešle zprávu do topicu *myHome/stairs/light1*. Tyto topicy lze vytvořit manuálně, ale

není to nutné, protože pokud dané téma na brokeru neexistuje, automaticky se založí po přijetí zprávy s neexistujícím tématem. Odběratel, v našem příkladu chytrá žárovka, se přihlásí k odběru zprávou SUBSCRIBE s názvem topicu, ze kterého chce odebírat zprávy.

V hierarchické struktuře topiců lze použít zástupné znaky + a #. Znak # se dává na poslední úroveň a nahrazuje jednu či více úrovní. Pokud se odběratel přihlásí k odběru zpráv pro *building/firstFloor/#* bude dostávat zprávy, které odesílatel pošle do prvního patra budovy. Znak + nahrazuje jednu úroveň a struktura by pak mohla vypadat například *building/firstFloor/+ /window*, namísto *building/firstFloor/Kitchen/window*. Takže odběratel nedostane zprávy adresované kuchyňskému oknu, ale bude dostávat zprávy adresované jakémukoliv oknu v prvním patře.[38], [39], [40]

Quality of Service:

1. Úroveň 0 – prakticky nic neřeší, odesílatel odešle zprávu Publish a tím to končí. Nikde není žádná zpráva o potvrzení o doručení. V angličtině známo jako „fire and forget“. Vhodné použití je realtime aplikace, kde, pokud by musela být zpráva znova poslána, už by byla zastaralá a nepotřebná. Například při živém přenosu obrazu se ztracené informace projeví fragmentací v obraze. Znovuodeslání informací už by nic nevyřešilo, protože v daném okamžiku už se zobrazuje jiný obraz.
2. Úroveň 1 – zaručuje, že zpráva bude doručena alespoň jednou. Odesílatel pošle zprávu Publish a čeká na odpověď brokeru. Broker přijatou zprávu rozesílá odběratelům také jako Publish a čeká na potvrzení příjemce. Odběratelé odpovídají zprávou PubAck. Jakmile má broker všechny odpovědi, zahazuje zprávu a posílá potvrzení PubAck původnímu odesílateli.
3. Úroveň 2 – zaručuje, že zpráva bude doručena právě jednou. Odesílatel posílá na broker zprávu Publish.

- **CoAP**

Protokol obecně používaný pro komunikaci M2M – machine to machine.

- **XMPP**

Ppůvodně vznikl pro messengerové služby sítě Jabber. Umožňuje uživatelům přeposílání dat mezi sebou v reálném čase. Funguje na bázi klient – server. Klient je identifikován pomocí Jabber ID. Při komunikaci se vytvoří na koncových zařízeních XML dokument. Klient se ohlásí serveru a čeká na jeho odpověď. Po odpovědi serveru dochází k ověření klienta. Díky více než 15ti leté historii a vývoji má poměrně dobré předpoklady k využití v IOT. Má velkou podporu v podobě množství serverů, navíc veřejné servery musí mít zašifrovanou komunikaci, tudíž nabízí i slušnou bezpečnost přenášených dat.[41]

4.5 Cloud computing

Téma Cloud computingu ve svém odborném článku „Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved“ popisují autoři Mohammad Aazam, Imran Khan, Aymen Abdullah Alsaffar, Eui-Nam Huh. [43]

Jedná se o rozšiřující se trend v IT technologiích, který našel uplatnění i v oblasti IoT. Charakteristikou cloud computingu je poskytování služeb, softwaru a hardwaru serverů, které jsou dostupné uživateli prostřednictvím internetu odkudkoliv na světě. Poskytovatel cloudových technologií umožní používat uživateli jeho výpočetní výkon, datová úložiště a nabízený software. Pro uživatele jsou tyto služby lákavé tím, že nemusí mít znalosti o vnitřní funkcionalitě propůjčeného hardwaru a softwaru. Zároveň nabízí zabezpečení dat na vysoké úrovni nebo také kvalitní a uživatelsky přívětivé webové rozhraní.

Nevýhody: cloud computing je v informačních technologiích poměrně nový pojem, proto stále nelze jednoznačně doporučovat tu či onu službu, aniž bychom měli jistotu, že daný poskytovatel služeb bude své produkty dále rozvíjet a udržovat v chodu. Pokud by musel svou činnost ukončit nebo výrazně změnil fungování svých produktů, které by zákazníkovi nevyhovovaly, narazil by zákazník na další nevýhodu a tou je migrace dat k jiným službám, což znamená značnou závislost na poskytovateli. V závislosti na využití služeb lze Cloud computing rozdělit do skupin: [42]:

- IaaS – infrastruktura jako služba – Poskytuje výpočetní výkon a úložný prostor, čímž uživatel ušetří náklady na výpočetní techniku a zároveň má přístup k datům skrze internetové připojení.
- SaaS – software jako služba – zákazník si pronajímá přístup k užívání softwarové aplikace, nikoliv aplikaci jako takovou. Výhodou je, že o vývoj a podporu se stará poskytovatel a přístup k aplikaci má zákazník odkudkoliv.
- PaaS – platforma jako služba – Nabízí pronájem jak hardwarových prostředků poskytovatele, tak i jeho softwarové aplikace. Také garantuje podporu svých produktů.
- NaaS – Sít jako služba – Nabízí uživateli virtuální síť. Výhodou může být možnost vytvoření heterogenní sítě, ve které budou společně připojené IPv4 a IPv6 segmenty.

Základní myšlenkou Cloud computingu je přesunutí aplikační logiky na vzdálené servery. Jednotlivá zařízení v domě disponující připojením k internetu mohou být připojena přímo ke cloudu. Zde dochází ke sběru a zpracování přijatých dat. Na základě vyhodnocených dat dochází ke zpětné interakci s přístroji v domě. Často je zapotřebí připojit do systému zařízení, které nedisponuje připojením k internetu. Toto lze realizovat pomocí gateway, která k internetu připojená je. Tato gateway nemusí zprostředkovávat komunikaci pouze jednomu zařízení. Cloudové služby často nabízí i své aplikace pro vizualizaci zpracovávaných dat a jejich ukládání do databáze. Zde se jedná o obrovské množství dat, která mohou sloužit dalším složitým výpočtům, například při strojovém učení. Mezi přední poskytovatele těchto cloudových technologií patří společnost IBM, která mimo jiné nabízí službu IBM Watson IOT, nebo Amazon se svými Amazon Web Services.

5 KNX technologie

KNX technologie je celosvětovým standardem v oblasti elektroinstalace inteligentních budov a jejich automatizace. Jedná se o decentralizované řešení, což znamená, že systém neobsahuje centrální ovládací zařízení, které by tvořilo komunikační uzel, ale každé zařízení je připojené na společnou BUS sběrnici a je samostatně naprogramováno. Obsahuje zařízení, která jsou vzájemně propojená různými médii (TP - kroucený pár vodičů, RF - radiofrekvenční přenos, IP ethernet, PL power line) a jsou vzájemně interaktivní. Zařízení mohou představovat snímače různých fyzických veličin, ovládací prvky (např. tlačítka), akční členy, což jsou různé spínací a ovládací prvky (např. spínač nebo stmívač světla, žaluziový člen). Každý přístroj v KNX instalaci má jasně identifikovatelnou adresu a spolu s jinými přístroji tvoří pomocí skupinové adresy funkční blok. Jako celek jsou určitým způsobem naprogramovány kvalifikovaným technikem, tak aby byla instalace funkční a vyhovovala přáním zákazníka.[50]

5.1 Konfigurační software ETS5

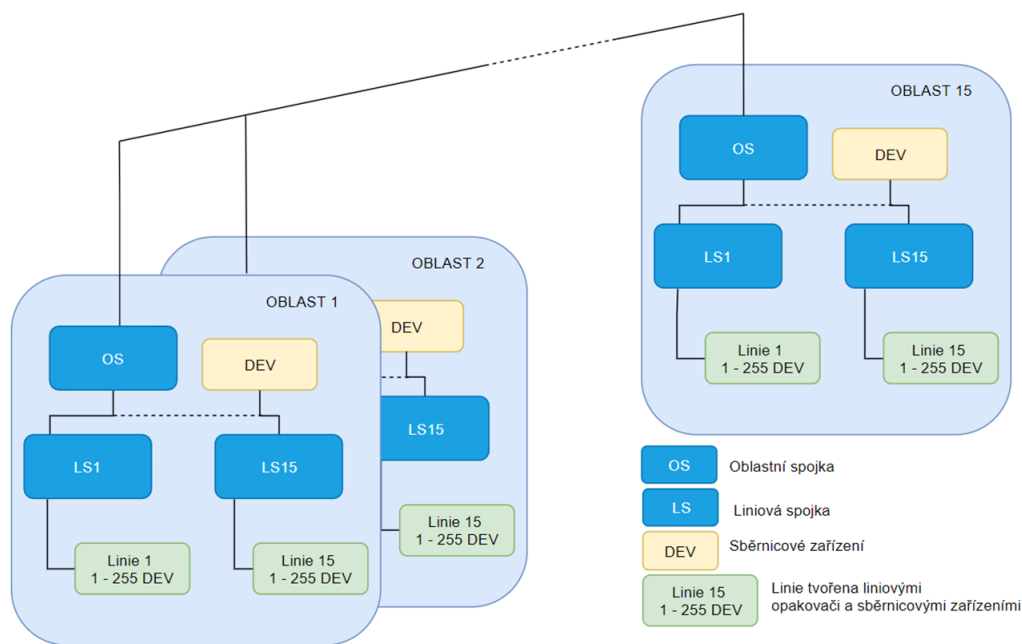
Pro konfiguraci instalace slouží software ETS nabízený asociací KNX. Aktuální verze je ETS5. Licence pro tento software je poměrně finančně nákladná, proto jsou nabízeny licence více druhů, které jsou rozděleny podle počtu zařízení, které je možno konfigurovat. Zdarma je možno konfigurovat pouze pět zařízení. Kromě konfigurace lze i monitorovat průběh komunikace na sběrnici. Je přehledný a ovládání je intuitivní.

5.2 Topologie KNX TP

Topologie se skládá z linií. Náhled na topologii lze vidět na Obrázku 4. Tyto linie jsou vždy napájeny vlastním zdrojem s tlumivkou. Linií tvoří maximálně 64 sběrnicových přístrojů. Linií lze rozšířit liniovým opakovačem, který umožní připojit dalších 64 sběrnicových přístrojů. V jedné linii lze použít maximálně tři liniové opakovače, což dá až 255 zařízení. Takovýchto linií lze paralelně připojit až 15 pomocí liniových spojek a tím vzniká oblast. Oblastí může být také až 15 a lze je propojit oblastními spojkami pomocí páteřní linie. Celkem lze připojit až 58 000 sběrnicových přístrojů v jedné instalaci. Výhodou rozdělení na oblasti a linie je, že liniové a oblastní spojky propouštějí telegramy do jiných linií a oblastí pouze jsou-li jim určené. Tudíž telegramy, které jsou vysílány v rámci jedné linie nezatěžují sběrnici v jiné linii.

5.2.1 Skupinová a individuální adresa

- Nastavují se při konfiguraci v konfiguračním softwaru ETS.
- Individuální adresa je jedinečná adresa přiřazena jednotlivým zařízením na sběrnici. Tvoří ji trojice čísel oddělovány tečkami, kde první číslo z trojice představuje oblast, druhé linii a třetí je číslo daného přístroje. Obsahuje 16 bitů (4b.4b.8b). Nejvyšší adresa je tedy 15.15.255



Obrázek 4: KNX topologie [51]

- Skupinová adresa slouží ke komunikaci mezi zařízeními. Tvoří funkční blok, do kterého většinou spadají dvě a více sběrnice zařízení. Strukturu adresy tvoří čísla oddělována lomítkem. Adresa představuje dvou nebo tří stupňovou hierarchii, kterou tvoří hlavní skupina, střední skupina a podskupina. Příkladem uvedu osvětlení s ovládáním ze dvou různých míst. Skupinová adresa bude ve tvaru 1/2/12 a budou ji mít nastavena všechna zařízení v této skupině což jsou dvě tlačítka a spínací akční člen. 1 ve skupinové adrese může označovat první patro, 2 že se jedná o osvětlení a 12 označuje konkrétní funkční blok, kterých se tato funkce týká. [50]

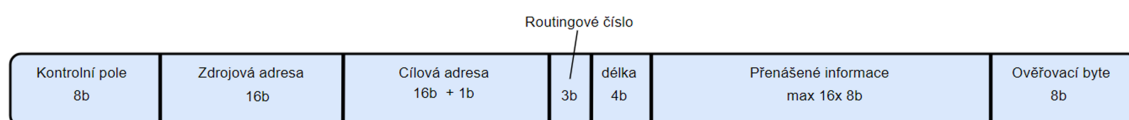
5.2.2 KNX telegram

KNX zařízení si vzájemně vyměňují telegramy. Každý telegram obsahuje zdrojovou a cílovou adresu, užitečná data a další data viz Obrázek 5. Vzhledem k tomu, že BUS sběrnice je společná, tak se každý telegram dostane ke každému zařízení, ale reaguje na něj pouze zařízení, které spadá do stejné skupinové adresy, která je uvedena v telegramu. Společná sběrnice ovšem představuje i nebezpečí kolize současně odeslaných telegramů. Tento problém je řešen způsobem CSMA/CA (vícenásobný přenos s vyhnutím se kolizím). [50]

5.2.3 Užitečná data telegramu

- Tato data představují hodnoty, na základě kterých zařízení mezi sebou správně interagují. Příklad: tlačítko odesílá telegram pro spínací akční člen telegram s hodnotou true pro rozsvícení světla.

- Aby byla data vhodně dekodována, jsou zavedeny standardizované datové typy DPT. Pro zapínání/vypínání světel slouží DPT s názvem DPT_Switch a označením 1.001. Kompletní seznam schválených datových typů je k dispozici na webových stránkách asociace KNX.
- Samotná informace o jaký datový typ užitečných dat v telegramu se jedná, není součástí telegramů. Tyto informace jsou uloženy v samotných zařízeních, kterým jsou tyto telegramy určeny. [50]



Obrázek 5: KNX telegram [51]

5.3 Možnosti KNX technologie pro automatizaci SH v rámci IoT

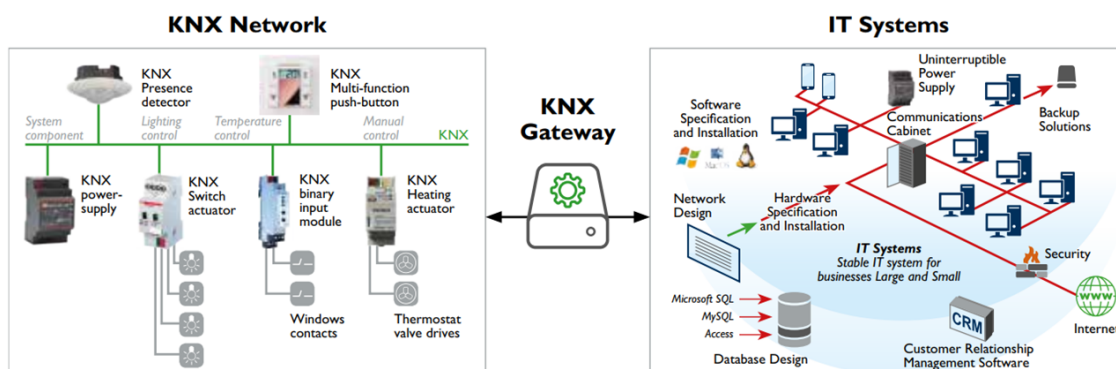
Je-li instalace tvořená KNX zařízeními správně navržená a správně realizovaná, nemusí být nutně připojena do světa internetu, a i tak se bude jednat o moderní automatizovaný chytrý dům. Doba jde však dopředu a požadavky obyvatel takového domu se stávají náročnějšími. Zákazník může chtít mít možnost ovládat nebo mít přehled o svém domě kdykoliv a odkudkoliv například ve svém mobilním telefonu. Proto je nutné takovou instalaci připojit k internetu. Možností připojení existuje více. Stačí aby instalace disponovala síťovým KNXnet/IP routerem nebo jiným zařízením kompatibilním se standardem KNX a disponující možností připojení k internetu.

KNX technologie sama o sobě splňuje kritéria, která jsou charakteristická pro IoT. Jedná se o decentralizovaný systém, kde každé zařízení na společné sběrnici je jednoznačně identifikovatelné a zároveň je schopné výměny dat mezi s jakýmkoliv jiným zařízením v instalaci. Obecně lze říci, že KNX instalace je „věcí“ a použitím vhodných prostředků s ní lze navázat spojení a zároveň navazovat spojení s jednotlivými zařízeními na sběrnici. Na trhu existují různá řešení třetích stran pro ovládání a monitorování SH. Asociace KNX podporuje vývojáře poskytováním vývojářských knihoven pro komunikaci s KNX instalací. Děje se tak prostřednictvím síťového prvku instalovaného ve stávající chytré instalaci, například KNXnet/IP routeru a vybrané gateway, skrze niž mohou data libovolně zpracovávána. Gateway tak zastupuje celou elektroinstalaci a v podstatě představuje jednu „věc“ v internetu věcí. Data proudící skrz gateway mohou pocházet od všech zařízení v instalaci a naopak lze ze strany internetu adresovat vhodná data jednotlivým zařízením v KNX instalaci.

5.4 KNX Web service

KNX asociace v reakci na rozšiřující se trend IoT představila vlastní řešení – KNX Web Services. Toto řešení odstraňuje překážky v přístupu ke KNX jako části internetu věcí. Umožňuje

spolehlivé integrování rozsáhle instalace, ve které jsou instalovány zařízení více dodavatelů a výrobců. KNX Web services jsou orientovány směrem stávajících realizovaných webových služeb, jako je oBIX, OPC UA a BACnet-WS [47]. Webové služby jsou samostatnými modulárními softwarovými komponenty, které mohou být popsány, publikovány a aktivovány přes web [47].



Obrázek 6: Schema KNX IoT [49]

Podmínkou je použití vhodného rozhraní mezi KNX instalací a IP sítí. Na straně internetu mohou být připojena ovládací zařízení typu mobilní zařízení, webová aplikace atd., které skrze webové služby komunikují s rozhraním. Pro realizaci je ale nutné znát konfiguraci KNX instalace, jak byla vytvořena programem ETS. K tomu slouží doplněk k ETS softwaru s názvem ETS Exporter App [47].

5.5 Aplikace třetích stran

Na trhu existuje několik aplikací, které jsou schopny komunikovat s KNX instalací. Mezi ty známější patří:

KNX DashBoard

Jedná se o desktopovou aplikaci pro OS Windows 8 a vyšší nebo Windows Mobile. Není nutné vlastnit žádný server, stačí přístup skrz KNXnet/IP router. Komunikace je i možná pomocí serveru KNXWeb2 nebo LinKNX. Aplikace umožňuje vizualizovat informace jednotlivých místností a ovládat některé funkce. [45]

Home In Hand

Jedná se aplikaci španělské firmy pro Apple IOS nebo android, která umožňuje intuitivně ovládat chytrý dům s KNX instalací pohodlně z mobilního telefonu. Předpokladem je pouze konektivita instalace s internetovým připojením skrz KNXnet/IP router. [44]

6 Propojení technologie KNX a IBM cloudové technologie

Praktická část této bakalářské práce se věnuje vývoji softwaru, který umožňuje komunikaci mezi IBM Watson IoT službou a KNX chytrou instalací. Jako komunikační protokol je zde použit MQTT protokol.

V současné době existuje několik projektů, které se zabývají podobnou problematikou, tedy přenosem dat mezi KNX technologií a MQTT brokerem. Jedním takovým projektem je `Knx2mqtt`. `Knx2mqtt` je brána mezi rozhraním KNX sběrnice a MQTT. Přijímá skupinové telegramy a publikuje je jako MQTT topiky a podobně se přihlásí k topikům MQTT a převede je do KNX telegramů. Tento projekt je psán v jazyce Java. Pro KNX komunikaci je zde použita knihovna `Kalimero` a pro MQTT komunikaci knihovna `Eclipse Paho`. Druhým podobným projektem je `Knx-mqtt-bridge`, který je psán v jazyce JavaScript. V obou těchto projektech je vyžadován anebo alespoň doporučován import souboru skupinových adres, který lze exportovat v konfiguračním programu ETS5.

Jako vývojové prostředí byl zvolen Microsoft Visual Studio 2017 provozované na studentské licenci. Pro programování je použit .Net framework a jako programovací jazyk je použit C#, jelikož je pro tuto platformu dostatečná podpora ve formě knihoven ze strany asociace KNX i ze strany IBM. Jako hardwarové řešení pro běh vyvíjeného SW je použit osobní počítač (PC) s operačním systémem Windows 10.

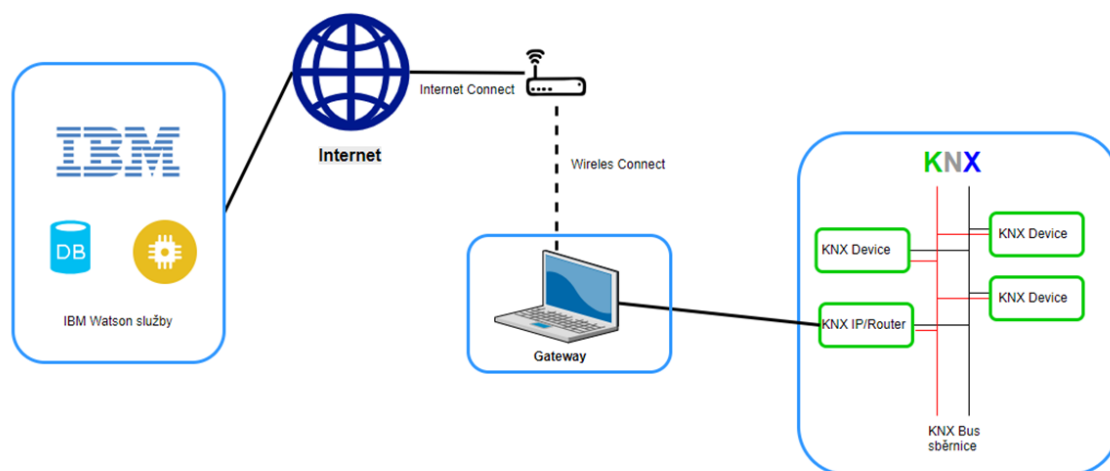
Pro potřebu přístupu k instalaci KNX v rámci IoT je potřeba implementovat vhodný software, který zprostředkuje připojení a komunikaci mezi samotnou KNX instalací a zvolenou webovou službou. V tomto případě se bude využívat webová služba IBM Watson IoT platform. Funkcí a požadavkem tohoto softwaru je, aby byl spuštěn nepřetržitě na vybraném zařízení a udržoval spojení pro obousměrnou komunikaci. Tento software je implementován tak, aby mohl sloužit jako přístup pro nezávislou aplikaci, která slouží pro monitorování přítomnosti osob v dané místnosti a která je také součástí této BP (viz níže). Monitorována je místnost EB312 v budově FEI v Ostravě. Tato místnost je vybavena výukovými panely, jež v dostatečné míře představují reálnou KNX instalaci.

6.1 použité technologie a postupy

V této práci byly použity některé knihovny třetích stran. Jednalo se zejména o knihovny pro komunikaci s KNX sběrnici, IBM Watson IoT platformou, Cloudant databází a pro práci s JSON soubory.

6.1.1 Knihovna Falcon SDK

Jedná se o knihovnu podporu ze strany KNX asociace. Díky ní lze s KNX instalací navázat spojení, posílat a přijímat telegramy. Umožňuje USB, RS232 nebo LAN konektivitu. Asociace KNX poskytuje dvě verze Falcon: Manufacturer SDK a Public SDK. První zmíněná je určena



Obrázek 7: Blokové schéma vytvářeného systému

pouze členům KNX asociace a public SDK je určena široké veřejnosti. V této práci je použita verze Manufacturer SDK, jelikož autor této práce je členem KNX asociace a práce nebude použita pro komerční účely.

6.1.2 Knihovna IBM Watson IoT-csharp

Tato knihovna slouží k jednoduché interakci s IBM Watson IoT platformou. Knihovna je dodávána s veřejnou licencí Eclipse. Mezi některé její funkce patří:

- Připojení jednotlivých zařízení
- Připojení gateway
- Usnadňuje připojení vlastní aplikace
- Umožňuje zařízením a gateway automatické obnovení spojení po jeho ztrátě
- Umožňuje komunikaci použitím MQTT a HTTP protokolu

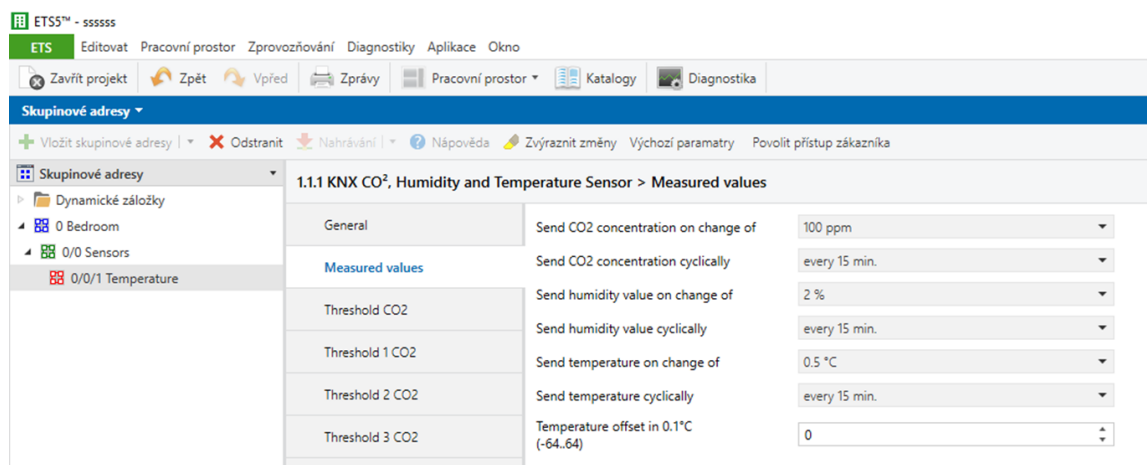
6.1.3 Konfigurace KNX instalace

V této práci se pracovalo s výukovými panely v učebně EB312 v budově FEI. tyto panely byly naprogramovány již existujícím projektem, který slouží pro výukové účely. Pro tuto práci byl tento projekt vhodně upraven v programu ETS5 tak, aby senzory v této instalaci periodicky poskytovaly hodnoty ze svých snímačů. Dále byl do instalace fyzicky přidán, zapojen, a dále konfigurován přístroj MTN6005-0001, který je zdrojem dat hodnot CO_2 , teploty a vlhkosti ve vzduchu. V příloze I jsou popsány parametry jednotlivých přístrojů použitých pro interakci s

vyvinutými aplikacemi a dále je v této příloze fotodokumentace výukových panelů v učebně FEI EB312.[53]

Jedním z cílů implementovaného softwaru je získávat informace z určených senzorů. K tomuto úkolu lze přistupovat více způsoby. Jedním z nich je, že se software bude sám dotazovat a žádat o tyto informace od jednotlivých senzorů. Tento přístup je vhodný, pokud potřebujeme pouze určité informace v určitý čas. Pro dlouhodobější sběr dat je vhodné nakonfigurovat jednotlivá čidla v KNX instalaci pomocí softwaru ETS5. Ty lze nakonfigurovat tak, aby zasílaly svůj stav na společnou sběrnici periodicky v určených intervalech, nebo dojde-li k náhlé změně hodnoty na senzoru (např. intenzita světla se náhle změní, když dojde k zapnutí osvětlení). Na Obrázku 8 je zobrazen příklad, jakým lze konfigurovat čidlo MTN6005-0001.

Pro pohodlnou práci se senzory a jejich daty je pro každý z nich vytvořena samostatná skupinová adresa v programu ETS, do kterých čidla zasílají své hodnoty. Tato skupinová adresa následně slouží i jako identifikační údaj. Individuální adresu použít nelze, jelikož je to sice jedinečná adresa přístroje, ale jeden přístroj může poskytovat více typů dat, jako například použité čidlo MTN663991, které měří teplotu vzduchu a zároveň úroveň osvětlení.



Obrázek 8: Konfigurace senzoru MTN6005-0001

Implementovaný software s KNX instalací komunikuje pomocí KNXnet/IP routeru. Ten lze použít v režimu tunnelling anebo routing:

- KNXnet/IP tunneling – tento způsob spojení slouží ke komunikaci routeru s jedním zařízením ve společné síti (unicast – odesílání datagramů z jednoho zdroje jednomu cíli), například konfigurační software ETS. Komunikace se provádí pomocí IP adresy, která je na tomto routeru nastavena. Tento způsob je také použit pro implementovaný software.
- KNXnet/IP routing – toto spojení může sloužit k propojení vzdálených KNX instalací, které mezi sebou komunikují právě díky routerům (multicast – posílání datagramů z jednoho zdroje do více koncových stanic). KNX asociace má rezervovanou multicast IP adresu 224.0.23.12, na kterou jsou posílány telegramy.

Konfigurační software ETS5 umožňuje technikovi, který KNX instalaci konfiguruje, exportovat soubor, který popisuje danou instalaci. Je však důležité, aby byla instalace správně nakonfigurována a vhodně popsána. Tento soubor je exportován dle výběru buď v xml formátu, nebo csv, přičemž csv formát lze exportovat ve více variantách. V zásadě však jde o to, že soubor obsahuje vždy všechny skupinové adresy a k nim příslušné popisy a datový typ dat (bool, floating point...). Tento exportovaný soubor je dále použit v komunikačním software Deskto-Gateway, který byl vyvinut jako součást této práce pro studenty, kteří s ním budou pracovat v laboratorních cvičeních, viz níže.

6.1.4 Konfigurace IBM Watson IoT platform

Data, která implementovaný software získává z KNX instalace, je nutné v reálném čase předat k dalšímu zpracování. K tomu je v této BP použita služba Watson IoT platform od společnosti IBM, která je obsluhována skrze webové rozhraní. Jedná se o službu platforma jako služba (PaaS viz Cloud Computing). Tato služba funguje jako broker, zprostředkovatel komunikace mezi aplikacemi a IoT zařízeními v reálné čase za použití protokolu MQTT. Jak bylo popsáno v kapitole MQTT, broker se nestará o obsah přijímaných a odesílaných dat, ale o přijímání dat od publisherů, a odesílání těchto dat subscriberům, kteří tato data žádají.

Implementovaný software vystupuje v roli publisheru i subscribera, protože se jedná o vstupní bránu do KNX instalace ze strany internetu a umožňuje obousměrnou komunikaci. Publisherů i subscriberů může být k této službě přihlášeno více. Publisher je zpravidla nějaké zařízení, které odesílá libovolná data a disponuje připojením k internetu, může se jednat např. o senzory. Subscriber může představovat např. koncovou aplikaci pro uživatele, která se u brokeru přihlásí k odběru dat a v určité formě je předá uživateli.

Pro používání služby Watson IoT platform je nutná registrace na IBM Cloud. Poté je možno zvolit požadovanou službu. Služeb nabízí IBM Cloud mnoho a Watson je jednou z nich. Služby jsou většinou placené, zejména pro komerční použití. V této práci je použita studentská licence, která je platná 6 měsíců, lze ji však prodloužit.

Po úspěšné registraci a aktivaci služby Watson IoT platform lze konfigurovat zařízení a aplikace, které budou mít přístup v roli publisheru nebo subscribera. Uživatelské rozhraní nabízí v menu několik možností např:

- **DashBoard** – Zde lze pomocí různých typů grafů vizualizovat technické informace o používání samotné služby Watson, jako je množství přenesených dat v časové ose atd. Dále je možno vytvořit grafy z přijímaných dat v reálném čase jednotlivých připojených zařízení. Je důležité si uvědomit, že samotná služba Watson IoT platform není datovým úložištěm, tudíž informace v grafech jsou zobrazeny pouze v rámci načtení webové stránky. Je ale možno dodatečně propojit s databázovou službou, pak jsou grafy vykreslovány i s historickými daty.
- **Devices** – Pod touto možností se nachází správa samotných zařízení, která generují data.
- **Members** – Umožňuje spravovat uživatelské účty, které mají ke službě Watson IoT přístup.
- **Apps** – Pod touto možností se nachází správa aplikací, které jsou přihlášeny k odběru dat.
- **Access Management** – Zde jsou spravovány role uživatelů a aplikací, které určují rozsah pravomocí a přístupů ke službě.
- **Usage** – Informace o využívání služby Watson IoT.
- **Extensions** – Umožňuje nastavit integraci s jinými službami, jež IBM Cloud nabízí.

Aby bylo možno navázat komunikaci mezi implementovaným softwarem a Watson IoT, je nutno v záložce Devices vytvořit nové zařízení. Vytvořit lze dva typy zařízení: Gateway a Device. Jelikož implementovaný software představuje přístup do instalace KNX, jedná se o gateway, skrze kterou je možno přijímat data z jednotlivých senzorů. Vytvořením nové Gateway jsou vygenerovány přístupové údaje, které jsou následně použity v implementovaném softwaru pro navázání spojení. Mezi přístupové údaje patří:

- ID organizace – tento údaj je přidělen už při registraci Watson IoT
- Device Type – uživatelem definovaný typ vytvořeného zařízení
- Device Id – uživatelem definované Id zařízení
- Authentication token – kód vygenerovaný při vytvoření nového zařízení/gateway

Podobně lze v záložce Apps vytvořit aplikaci, čímž jsou vygenerovány přístupové údaje pro vyvíjenou aplikaci, která se přihlašuje k odběru určitých dat.

V záložce Extensions je možno zvolit integraci dalších funkcí do služby IoT Watson. Pro účely této BP bylo zvoleno rozšíření o databázovou službu s názvem IBM Cloudant. Použití

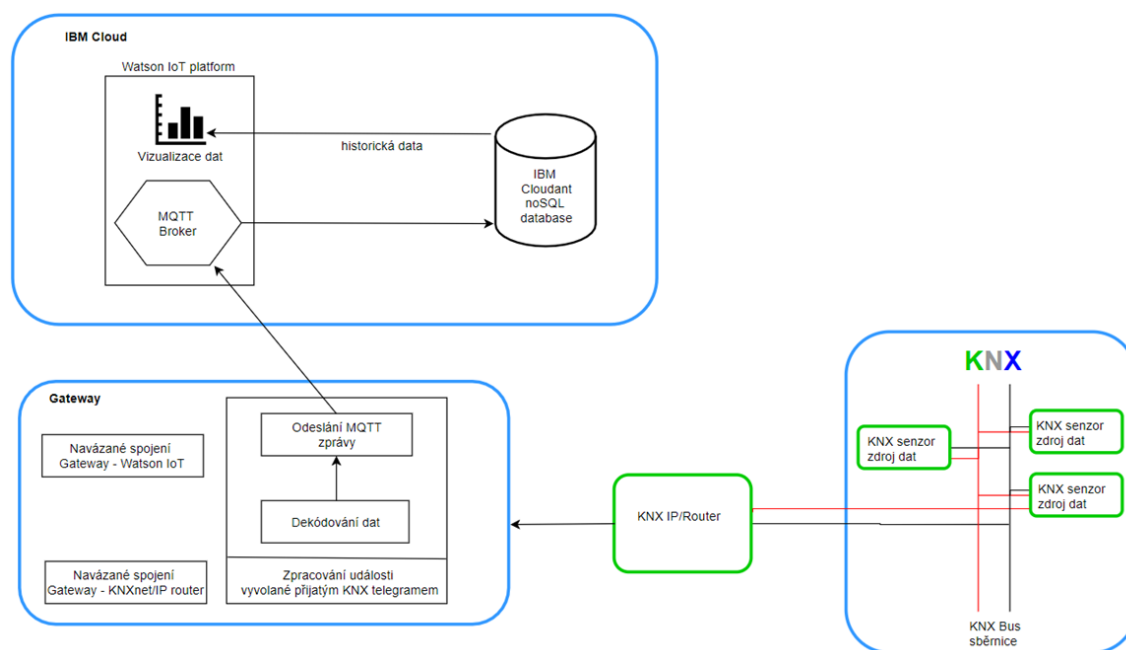
této služby je podmíněno její aktivací v hlavním účtu IBM Cloud. Jedná se o noSQL databázi typu CouchDB. Použita je bezplatná verze s omezením datového úložiště na 1GB, pro účely této práce je však dostačující. Integrace databázové služby Cloudant do Watson IoT je plně automatické a přijímaná data jsou ihned ukládána do databáze. Nyní lze v záložce DashBoard vizualizovat data, vše velmi intuitivně, vytvořením nového grafu, kde je uživatel pouze vyzván k výběru zařízení, jehož data chce uživatel vizualizovat. Služba IBM Cloudant má vlastní webové rozhraní podobné, jako má služba Watson IoT. Podrobněji jsou další možnosti databáze popsány níže v kapitole věnující se aplikaci pro monitorování obsazenosti místnosti.

6.2 Implementace konzolové aplikace

Jednou z vyvíjených aplikací je software ConsoleGateway, který je realizován jako konzolová aplikace. Její funkcí je udržovat nepřetržité spojení mezi KNX instalací a Watson IoT platformou. Během tohoto spojení aplikace monitoruje KNX sběrnici a předem určené telegramy zachytává a odesílá do služby Watson IoT platform.

Konzolová aplikace byla vytvořena přednostně z důvodu rychlejší implementace a vysoké spolehlivosti. Tento software tak mohl být nasazen na laboratorním PC, na kterém běží nepřetržitě, dokud je potřeba udržovat spojení mezi cloudovou službou a instalací KNX.

Po spuštění informuje uživatele o úspěchu či neúspěchu připojení ke KNXnet/IP routeru a cloudové službě Watson IoT. Je-li obojí v pořádku, je uživatel vyzván ke spuštění přenosu dat. Poté se do konzole vypisují data, která jsou odeslána na cloud.



Obrázek 9: Schéma implementovaného řešení

Pro komunikaci s KNXnet/IP routerem je použita oficiální knihovna pro .Net framework Falcon poskytovaná asociací KNX. Tato knihovna umožňuje navázání spojení, odesílání příkazů do KNX instalace, sledování komunikace na KNX sběrnici, nebo si vyžádat informace o KNX zařízeních.

Spojení s routerem je navázáno v režimu tunneling. Pro navázání spojení je potřeba nakonfigurovat připojovací parametry, a to IP adresu a číslo portu. Při ukončení programu je nutné spojení ukončit.

```
ConnectorParameters connector = new KnxIpTunnelingConnectorParameters(  
    knxIpAddress, 0x0e57, false);  
Bus bus = new Bus(connector);  
bus.connect();
```

Výpis 1: Sestavení spojení s KNXnet/IP routerem

Je-li úspěšně navázáno spojení s KNXnet/IP routerem, pokračuje program navázáním spojení s Watson IoT. Pro navázání spojení je nutné naimplementovat Gateway klienta, kterému jsou předány parametry pro navázání spojení. Jedná se o identifikační údaje získané při vytváření Gateway zařízení ve webové službě Watson IoT viz výše. Takto naimplementovaný klient se může pokusit navázat spojení. Předpokladem je přítomné připojení k internetu.

```
GatewayClient gateway = new GatewayClient (orgId, deviceType, DeviceId,  
    authType, authToken);  
gateway.connect();
```

Výpis 2: Navázání spojení s Watson IoT

Pokud se vyskytne při navazování spojení s KNX routerem nebo s Watson IoT službou chyba, kvůli které nebude možné spojení uskutečnit, program o tom informuje uživatele výpisem do konzole. Navázané spojení je pak pravidelně kontrolováno na stav připojení. Pokud během chodu dojde k nečekanému výpadku připojení, program se automaticky pokusí znovu navázat spojení.

Program je udržován v nekonečné smyčce, aby nedošlo k jeho předčasnému ukončení. Díky tomu má možnost zpracovávat příchozí události. Jakýkoliv telegram, který je vyslán v rámci KNX instalace na společnou bus sběrnici vyvolá v softwaru událost GroupValueReceived, která s sebou přináší data získané z telegramu, který tuto událost vyvolal. Mezi získanými daty jsou mimo jiné: užitečná data, skupinová a individuální adresa. Jak bylo popsáno v kapitole Konfigurace KNX instalace, požadavkem je sledovat telegramy pouze některých skupinových adres. Proto je nejprve při zpracování události kontrolována skupinová adresa. Pokud se neshoduje s žádanými, není potřeba dále událost zpracovávat a program čeká na další událost. Pokud událost vyvolá telegram, který obsahuje některou z žádoucích skupinových adres, mohou být jeho data publikována na cloud. Před odesláním dat na cloud je nutné je nejprve dekodovat.

```
===== KNX - IBM Watson IoT Gateway =====
Connecting to KNXnet/IP router
Connected to 174.34.0.12

Connecting to IBM Watson IoT platform
Connecting was successful

for start data transfer press enter

Data received: Individual address 1.1.124, Group address 2/10/74, GroupValue SizeinBit=16, Value=$8c, $ec
Data published

Data received: Individual address 1.1.122, Group address 2/10/2, GroupValue SizeinBit=16, Value=$0a, $e0
Data published

Data received: Individual address 1.1.124, Group address 2/10/74, GroupValue SizeinBit=16, Value=$8c, $ec
Data published
```

Obrázek 10: Konzolový výpis spuštěné Gateway

• Dekódování dat

Jakmile je přijat některý telegram, je nutné jeho užitečná data dekodovat. Prvním krokem je odfiltrování hodnoty od zbytku textu. Informace s užitečnou hodnotou je totiž součástí řetězce, který vypadá kupříkladu takto: "GroupValue SizeinBit=16, Value=\$8c, \$ec", kde kýžená hodnota je 8CEC. Tato hodnota je odfiltrována za použití funkce Regexp, která dle vhodného předpisu odstraní nepotřebné znaky. Získaná hodnota je však v hexadecimálním tvaru. Prosté převedení do decimálního tvaru většinou nestačí, jelikož data jsou ve standardizovaném tvaru KNX DataPointType (DPT). Samotný telegram informací, o jaký DPT se jedná neobsahuje. V této práci jsou potřebné DPT určeny podle konfigurace samotné instalace tak, jak byla vytvořena v programu ETS. Pro každý následující převod je v softwaru implementována funkce.

Základní data, která jsou zpracovávána představují dvoustavové hodnoty true/false, které mají označení DPT 1.XXX, data představující teplotu, s označením DPT 9.XXX a vlhkost s označením DPT 5.XXX.

Zatímco u dvoustavových hodnot je vyčtení dat prakticky dáno pouze hodnotou 0 nebo 1, v případě dat s DPT 9.XXX je situace složitější, neboť se jedná o datový typ floating point, což jsou čísla o dvou desetinných místech v rozsahu -671 088,6 až 670 760,96. Přijatá data ale jsou v hexadecimální soustavě o velikosti 16bitů. Pro dekodování je nutné tato data převést do binární podoby a dekodovat pomocí dekodovacího algoritmu, který je k dispozici v dokumentu společně se všemi DPT poskytovaném asociací KNX. Na obrázku 11 je zobrazeno, jakým způsobem jsou zakódována data pro DPT 9.XXX.

Data s DPT 5.XXX jsou taktéž v hexadecimálním tvaru, ovšem obsahují pouze 8 bitů a představují rozsah hodnot 0-255. Stačí tedy hexadecimální hodnotu převést do dekadického

tvaru a vhodně přepočítat. Například vlhkost vzduchu je měřena v rozsahu 0-100%, kde hodnota 255 znamená 100%.

Format:	2 octets: F_{16}
octet nr	2 _{MSB} 1 _{LSB}
field names	FloatValue
encoding	
Encoding	$\text{FloatValue} = (0,01 * M) * 2^{(E)}$ $E = [0 \dots 15]$ $M = [-2\,048 \dots 2\,047]$, two's complement notation For all Datapoint Types 9.xxx, the encoded value 7FFFh shall always be used to denote invalid data.
Range:	[-671 088,64 ... 670 760,96]
PDT:	PDT_KNX_FLOAT

Obrázek 11: Datapoint 9.XXX[48]

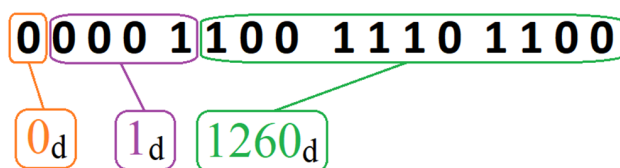
- Příklad dekodování přijatých dat ve tvaru 0CECH:

Hodnotu je potřeba převést do binárního tvaru:

0000 1100 1110 1100b

Z obrázku 11 je zřejmé, že je potřeba toto číslo rozdělit na nejvíce významný bit (nejvíce vlevo) určující znaménko, následují 4 bity udávající exponent a zbývajících 11 určujících hodnotu.

Po převodu do desítkové soustavy získáváme zjistíme, že znaménko je kladné – nejvíce významný bit je 0. Exponent má hodnotu 1 a zbylá hodnota je převedena na hodnotu 1260.



Obrázek 12: převod binární hodnoty

Do vzorce $(0,01 * M) * 2^E$ dosadíme hodnoty $(0,01 * 1260) * 2^1$, čímž získáme výsledek 25,2. V tomto příkladu byla převedena hodnota získaná ze senzoru snímače teploty.

V okamžiku, kdy jsou přijatá data vhodně dekodována, mohou být odeslána na cloud. Odesílání se provádí pomocí již vytvořené instance gateway, pomocí které je navázáno spojení s cloudem. Pro odeslání dat slouží metoda publishDeviceEvent, které jsou předávány parametry: typ zařízení, ID zařízení, název události, hodnota. Pokud jsou na Watson IoT

poslána data pro zařízení, které v této cloudové službě ještě neexistuje, je automaticky vytvořen na základě ID zařízení. Jako ID zařízení je uváděna skupinová adresa. Pokud dojde k úspěšnému odeslání zprávy na cloud, dojde zároveň k vypsání této zprávy i do konzole.

```
gateWay.publishDeviceEvent("temperature", args.address, "test",  
    DPT9XXXtoDouble(value));
```

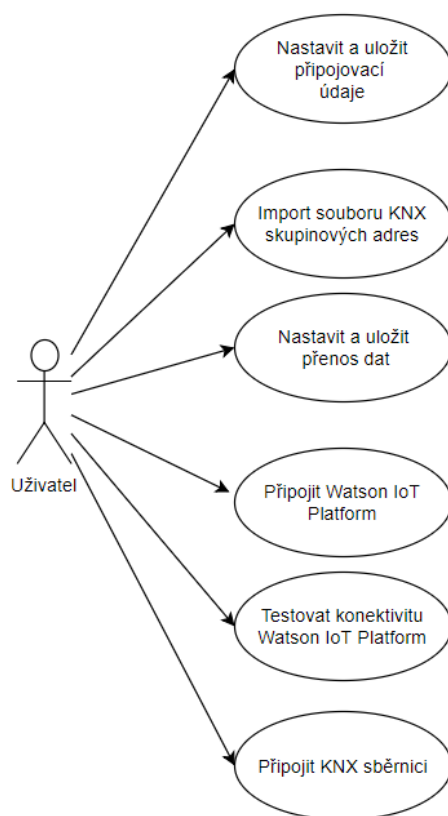
Výpis 3: Odeslání dat do služby Watson IoT

Dokud není chod programu násilně přerušeno, je neustále spuštěn a čeká na příchozí události. Zároveň je však pravidelně kontrolováno, zda je navázáno připojení jak k Watson IoT, tak ke KNXnet/IP routeru. Je-li zjištěna ztráta připojení, pokusí se program obnovit připojení.

6.3 Implementace aplikace DesktopGateway

Desktopová aplikace DesktopGateway byla vyvíjena pro studijní účely, a to tak, aby ji mohli studenti použít během výuky. Cílem této aplikace je demonstrace možností, jakým způsobem lze použít data, která jsou generována KNX instalací a také náhled do možností, které nabízí IBM cloudové služby. Stěžejní funkcionalita je stejně jako u konzolové aplikace komunikace mezi KNX instalací a Watson IOT platformou. Desktopová verze však navíc nabízí přívětivé uživatelské prostředí, ve kterém má uživatel možnost zvolit typ připojení ke KNX instalaci. Na výběr má z použití routeru (tunneling nebo routing), anebo USB připojení. Pro připojení k Watson IoT má uživatel k dispozici formulář, do kterého vkládá údaje potřebné pro přihlášení k této službě. Jako další funkce byla implementována možnost vložení csv souboru, který je generován konfiguračním softwarem ETS5. Tento soubor obsahuje informace o skupinových adresách a datových typech dat, které náleží těmto skupinovým adresám. Uživatel, který tento soubor vloží do systému pak má možnost zvolit, která data (na základě zvolené skupinové adresy) budou posílána do Watson IoT. Za běhu programu je k dispozici sběrníkový monitor, který zobrazuje všechny KNX telegramy, které proudí po společné sběrnici. Součástí této práce je návod ve formě laboratorní úlohy. Návod obsahuje podrobný popis použití programu DesktopGateway včetně screenshotů samotné aplikace. Dokument je přiložen v příloze.

Software byl implementován jako WinForms aplikace. Tímto způsobem lze snadno vytvářet uživatelské prostředí, neboť při vývoji je k dispozici grafické rozhraní, kde vývojář přímo umísťuje jednotlivé prvky (tlačítka, textové vstupy, popisy...) přímo do zobrazovaného okna a graficky si program přizpůsobí. Vývojář se poté stará zejména o aplikační logiku.



Obrázek 13: Use case diagram - DesktopGateway

6.3.1 Nastavení připojení

V menu nastavení připojení uživatel zadává přihlašovací údaje potřebné k navázání komunikace s Watson IoT platformou a zvolí způsob komunikace s KNX instalací. Tento formulář je po potvrzení údajů uživatelem serializován do textového souboru ve formátu JSON. Tento postup byl zvolen proto, aby při opětovném spuštění programu byly načteny poslední uložené přihlašovací údaje a uživatel je nemusel vždy vkládat znovu. Po spuštění celého programu tedy dochází ke kontrole, zda je k dispozici tento konfigurační soubor a pokud ano, jsou data z něj deserializována. Pro přihlašovací údaje byla vytvořena třída `ConnectionSettings`, která obsahuje jednotlivé property. Pro práci s JSON soubory byla použita knihovna `Newtonsoft`.

6.3.2 Nastavení transportovaných dat

V tomto menu uživatel nastavuje, která data budou ze společné KNX sběrnice odeslána do služby Watson IoT. K tomu slouží soubor skupinových adres, který je nutno exportovat z programu ETS5. Aby mohl uživatel tento soubor vložit, byla implementována funkce načtení souboru, kdy po stisku příslušného tlačítka dojde k zobrazení nového okna s kořenovým adresářem, kde je možno daný soubor nalézt a vybrat. Funkce výběru souboru je standardní funkce `WinForms`.

Je-li vložen korektní soubor, dojde k zobrazení všech skupinových adres, jejich popisu a datového typu v jedné ze dvou tabulek. Tyto informace musí být korektně konfigurovány již v programu ETS5, zejména nastavení DPT datového typu. Ze seznamu těchto skupinových adres uživatel vybere pomocí zaškrtačacího políčka ty adresy, jejichž data mají být odesílána. Celou volbu potvrdí potvrzovacím tlačítkem a vybrané adresy se zobrazí v druhé tabulce. Tabulky jsou implementovány jako DataGridView, což je tabulka, která jako vstupní data přijímá kolekci dat. V tomto případě byla jako zdroj kolekce objektů třídy KNXdevice, což je třída, jejíž instance představuje jeden skupinový objekt KNX instalace.

6.3.3 Domovská stránka

Na domovské stránce má uživatel k dispozici přehled o stavu připojení jak k Watson IoT, tak ke KNX instalaci. Dále je tabulka DataGridView, která slouží jako sběrníkový monitor. Zobrazuje uživateli aktuální tok telegramů po společné KNX sběrnici. Ke každému ze dvou zmíněných připojení se lze připojit zvlášť. Je tedy možno se připojit ke KNX sběrnici a sledovat proudící telegramy, aniž by docházelo k odesílání do Watson IoT, což může být někdy užitečné. Pro komunikaci je zde využit identický postup, jako v případě aplikace ConsoleGateway. Co je zde navíc, je možnost volby typu připojení ke KNX sběrnici. Na základě uživatelovy volby je vytvořena příslušná instance třídy ConnectorParameters. Oproti konzolové aplikaci, kde bylo použito připojení pomocí KNX routeru v režimu tunneling viz výpis 1, zde je navíc možnost připojení skrz USB rozhraní viz výpis 4.

```
ConnectorParameters connector = new UsbConnectorParameters();  
Bus bus = new Bus(connector);  
bus.connect();
```

Výpis 4: Navázání USB spojení s KNX instalací

Dále zde, stejně jako v aplikaci ConsoleGateway, dochází ke zpracování události GroupValueReceived, která je vyvolána novým telegramem na KNX sběrnici. Tato událost poskytuje data telegramu. Vždy je prověřena kolekce zařízení, která uživatel označil jako zařízení, jejichž data mají být přenášena. Pokud je nalezena shoda, dojde k dekodování užitečných dat a ta jsou společně se skupinovou adresou odeslána do služby Watson IoT. Dekodování dat probíhá na základě vloženého souboru skupinových adres. Zde je však důležité, aby byl k dispozici datový typ dat, která jsou v této skupině používána. To, jestli je datový typ dat k dispozici nebo ne, je v rukou konfigurační technika KNX instalace, jelikož jeho zodpovědností je správná a úplná konfigurace. Může se tedy stát, že datový typ nebude u některých (nebo i žádných) skupinových adres uveden. Pokud mají být přenášena data o neznámém datovém typu, nebudou dekodována, ale budou odeslána ve své surové formě. Mohou to být data například v osmi nebo šestnácti bitovém hexadecimálním tvaru. Pro dekodování jsou implementovány jednotlivé metody, které jsou popsány v kapitole aplikace ConsoleGateway, stejně tak je zde použita metoda publishDeviceEvent pro odesílání dat do služby Watson IoT.

7 Testování funkčnosti

7.1 Testování spolehlivosti ConsoleGateway

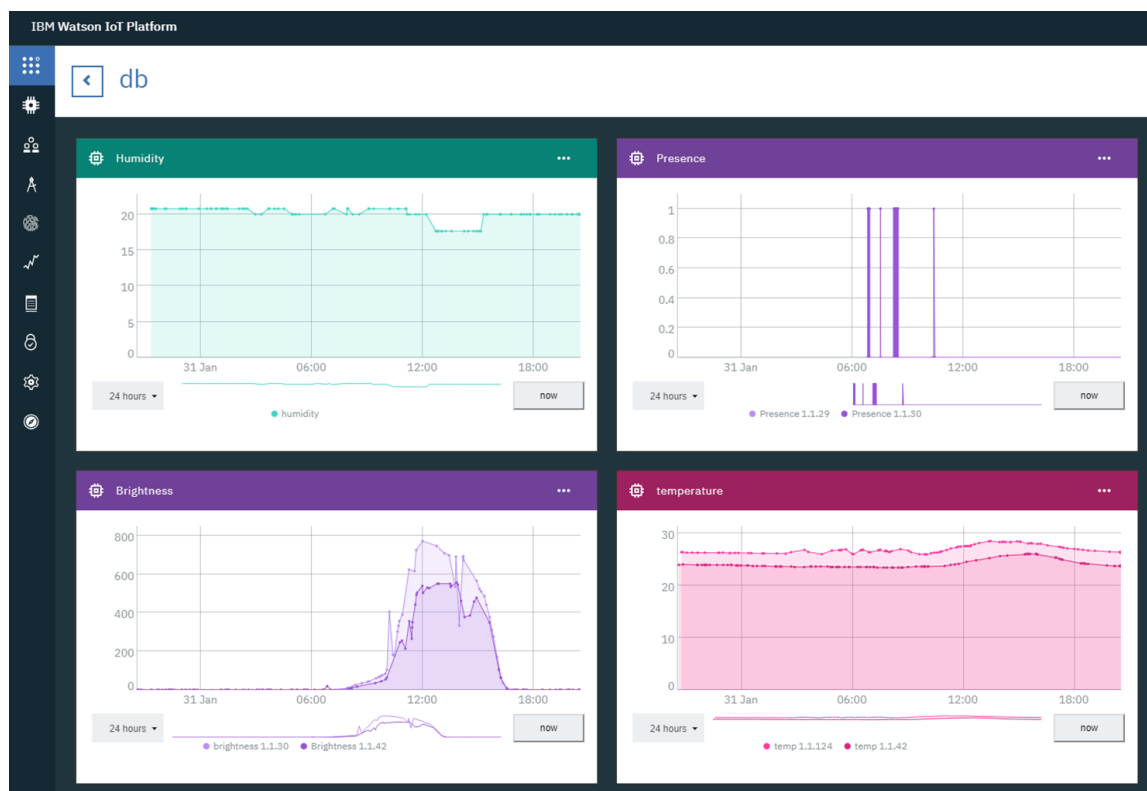
Dlouhodobě byla testována aplikace ConsoleGateway, která byla vyvinuta jako první, a mohla být tedy také spuštěna. Předmětem testování je více faktorů. Tím nejdůležitějším je monitorování spolehlivosti trvale navázaného spojení. Software byl při testování nasazen na školním PC, vybaveném dvěma síťovými kartami, kde pomocí jedné je připojen k internetové síti a pomocí druhé je připojen ke KNXnet/IP routeru. Tento program běžel nepřetržitě zhruba tři měsíce. Během této doby nastal výpadek operačního systému Windows, který byl způsoben tzv. „modrou smrtí“, který zapříčinil výpadek ConsoleGateway. Po znovuspuštění aplikace běžela nepřetržitě a spolehlivě. K dalším problémům došlo vlivem výpadku připojení k internetu v učebně FEI EB312. Během výpadku připojení se aplikace pokoušela o připojení, ale to mohlo být navázáno až bylo opraveno síťové připojení v učebně EB312. Poté aplikace fungovala bez problémů.

Druhým faktorem svědčícím o funkčnosti je monitorování dat, která jsou prostřednictvím tohoto softwaru odesílána na službu Watson IoT. Pro potřeby monitorování byly v uživatelském prostředí Watson IoT vytvořeny grafy. V době testování byly senzory v KNX instalaci nastaveny pomocí ETS5 tak, aby svůj stav posílaly periodicky každou minutu, nebo v případě náhlé změny hodnoty. Bylo vypořádováno, že pokud je místnost prázdná, jsou měřená data poměrně konstantní. Dochází-li k náhlým změnám, pak čidla posílají svůj stav okamžitě, i několikrát do vteřiny.

Při testovacím provozu, bylo pomocí osmi čidel monitorováno 5 fyzikálních veličin. Šest čidel bylo nastaveno tak, aby posílaly svůj stav periodicky každou minutu (2x senzor teploty, senzor vlhkosti vzduchu, senzor hladiny CO₂ ve vzduchu, 2x senzor úrovně osvětlení). Zbylé dva senzory sloužily jako detektory pohybu a data posílaly pouze v okamžiku zaznamenání pohybu. Použití dvou čidel teploty a úrovně osvětlení zde bylo z důvodu toho, že byly k dispozici a sloužily ke vzájemnému porovnání, zda se od sebe měřené hodnoty liší.

Na obrázku 13 lze vidět průběh všech snímaných veličin. Všechny grafy zobrazují data ze stejného časového úseku od 20:00 do 20:00, tedy 24 hodin. Tyto grafy jsou generovány ve webovém rozhraní služby Watson IoT.

Zajímavé bylo pozorovat při testování průběh hodnot přijímaných ze dvou senzorů teploty. Tato čidla byla umístěna pouze několik desítek centimetrů od sebe na jednom laboratorním stole, a přesto se jejich hodnoty v celém průběhu lišila zhruba o 3°C, nicméně docházelo-li ke změně teploty, průběh dat na obou senzorech byl stejný. Nepřesnost by mohla být odstraněna zkalibrováním těchto KNX senzorů. Díky poměrně vysoké hustotě zasílaných dat bylo vypořádováno, že data jsou přenášena spolehlivě v daných intervalech a nedochází k nežádoucím výpadkům. Přijímaná data jsou k dispozici vyvíjené aplikaci DesktopVisualization pro monitorování přítomnosti osob. Tato aplikace může přistupovat ke službě Watson IoT, kde může získávat určitá data v reálném čase a zároveň přistupovat k databázové službě IBM Cloudant a získávat historická



Obrázek 14: Průběh snímaných veličin

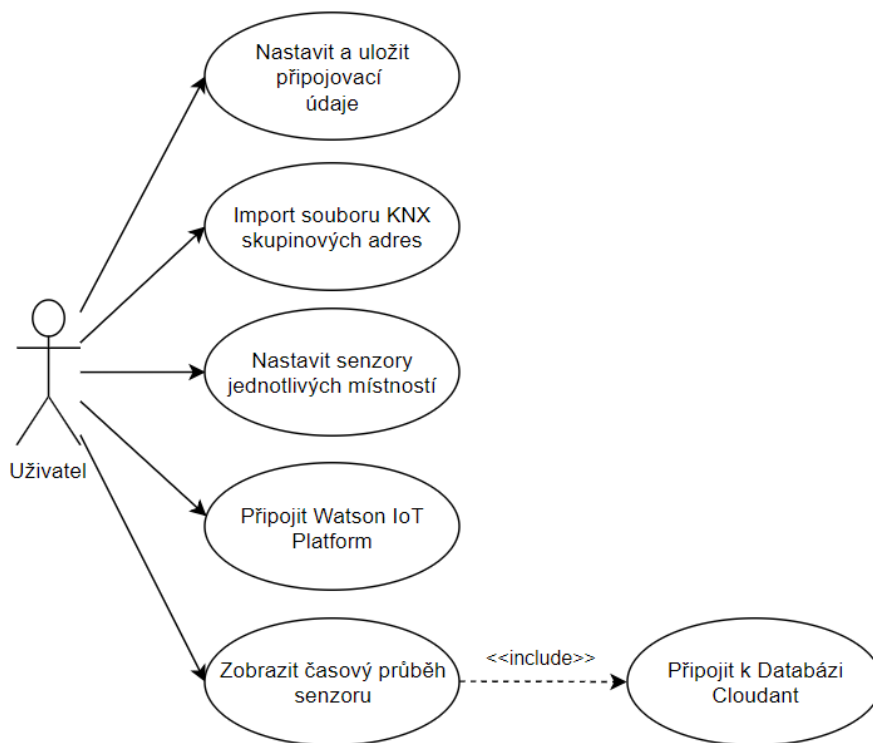
data. Během sedmi dní bylo při minutovém intervalu odesílání dat ze senzorů přeneseno cca 100 000 zpráv, které v databázi zabírají 33MB. Při současném nastavení systému by k zaplnění databáze, ve které je k dispozici 1GB datového prostoru, by došlo zhruba po sedmi měsících.

7.2 Testování DesktopGateway

Testování aplikace DesktopGateway probíhalo obdobným způsobem, jako v případě ConsoleGateway. Aplikace byla vyvinuta později a byla testována na stabilitu připojení. Vzhledem k tomu, že pro konektivitu bylo použito stejných postupů jako v případě ConsoleGateway a krátkodobý test dopadl pozitivně, tedy bez nežádoucích výpadků, bylo testování této aplikace zaměřeno na ošetření vstupů, jež zadává uživatel. Jelikož se jedná o aplikaci určenou studentům, je velmi žádoucí, aby byla aplikace srozumitelná, a případné špatně zadané hodnoty či nežádoucí stavy musí být eliminovány. O všech chybných krocích je uživatel informován oznamovacími hláškami.

8 Aplikace pro monitorování obsazenosti určené místnosti

Tato aplikace nabízí pohled na možnosti, jakým lze užitečně použít cloudové služby společnosti IBM. V první řadě se zde pracuje a přistupuje ke Cloudant databázi, pro přístup k historickým datům a v druhé řadě přistupuje k Watson IoT platformě pro přístup k živě přenášeným datům. Cílem programu je vizualizace dat jednotlivých senzorů a na základě těchto dat určit obsazenost předem určené místnosti.



Obrázek 15: Use case diagram - Aplikace pro monitorování

Při návrhu uživatelského rozhraní se vycházelo z technických možností, které byly poskytnuty laboratoří v budově FEI, konkrétně místnost EB312. V této místnosti se nachází výukový panel, který simuluje třípokojový byt. Výukový panel obsahuje ovládací tlačítka a potřebné senzory a akční členy. Vzhledem k tomu, že tyto senzory jsou umístěny právě ve zmíněné laboratoři, bylo určeno, že tato laboratoř bude představovat sledovaný prostor pro určování obsazenosti osobami.

8.1 Implementace

Aplikace byla vyvíjena jako aplikace WinForms a byla nazvána DesktopVisualization. Do hlavní funkcionality patří nastavení připojení, konfigurace senzorů, vizualizace historických dat jednotlivých senzorů a vizualizace dat přijímaných v reálném čase. Uživatelské použití včetně náhledů uživatelského rozhraní je součástí přílohy II.

8.1.1 Nastavení připojení

V menu nastavení připojení je uživatel vyzván k zadání údajů potřebných ke komunikaci s použitými cloudovými službami IBM. Aby bylo možno přijímat data v reálném čase prostřednictvím Watson IoT platformy, je nutné vygenerovat údaje pro novou aplikaci pomocí webového rozhraní této služby. Další potřebné údaje, které uživatel vkládá, jsou údaje pro navázání spojení s databázovou službou IBM Cloudant. Tyto údaje uživatel získá také pomocí webového rozhraní této služby. V poslední řadě je zde uživatel vyzván k načtení souboru skupinových adres, který je shodný se souborem použitým v aplikaci DesktopGateway. Tento soubor slouží k pozdějšímu nastavení zdrojových dat pro vizualizaci.

8.1.2 Navázání spojení

Na základě údajů ze záložky nastavení je ve vyvíjené aplikaci DesktopVisualization vytvořena instance klienta třídy ApplicationClient. Parametry pro vytvoření této instance jsou právě údaje vygenerované Watson IoT platformou. Třída ApplicationClient umožňuje své instanci navázat spojení metodou connect(). Po navázání spojení je možno zaregistrovat se k odběru určitých zpráv, je možno odebírat všechny zprávy, nebo pouze vybrané na základě id zařízení, či jiných parametrů. Zdrojem těchto dat je KNX instalace napojena na aplikaci ConsoleGateway. Aplikace byla implementována tak, aby přijímala všechny zprávy. Každá zpráva vyvolá událost, ve které dochází k ověření ID zařízení a zobrazení užitečných dat (např. teploty) uživateli. Také dochází k dočasnému ukládání těchto dat do paměti programu pro pozdější použití.

Pro navázání spojení s databází Cloudant slouží instance třídy MyCouchCloudantClient, která poskytuje dále metody pro zadávání dotazů, tzv. query. Výsledkem dotazu jsou záznamy databáze, které tato metoda vrací ve formě kolekce. Dotaz a zároveň výsledky tohoto dotazu jsou tvořeny ve formátu JSON. Příklad dotazu vracejícího posledních 10 záznamů senzoru s ID 2.7.11 :

```
{
  "selector": {
    "deviceId": "2.7.11"
  },
  "sort": [
    {
      "timestamp": "desc"
    }
  ],
  "limit": 10
}
```

Výpis 5: Příklad query dotazu

```

{
    FindRequest requestLastPresence = new FindRequest().Configure((q) =>
        {
            q.SelectorExpression(
                {"deviceId\":"2.7.11\"}, {"sort\":[{"timestamp\":"desc\"}], "limit
                \":10"});});
var dataTaskLastPresence = db.client.Queries.FindAsync<DbDocument<double>>(
    requestLastPresence); dataTaskLastPresence.Wait();
}

```

Výpis 6: Ukázka zdrojového kódu vracející výsledky ukázkového dotazu

8.1.3 Výběr monitorované místnosti

Po spuštění programu DesktopVisualization je uživateli zobrazen půdorysný nákres domu, který kopíruje výukový panel z laboratoře EB312. Byl naimplementován tak, aby se přizpůsoboval velikosti okna. Uživatel si zde vybere místnost, po jejímž rozkliknutí se zobrazí informace dané místnosti. K dispozici má uživatel možnost nastavení senzorů teploty, vlhkosti, jasu, CO₂ a přítomnosti. Ke každé veličině lze zobrazovat vždy dvě hodnoty. Toto nastavení bylo zvoleno z důvodu použitých senzorů v KNX instalaci. Pro senzory jsou k dispozici rozbalovací okna, která nabízí skupinové adresy, které jsou získány ze souboru skupinových adres (viz kapitola nastavení připojení 8.2.1). Pro každou místnost slouží instance třídy Room, která obsahuje uložené informace o jednotlivých senzorech dané místnosti.

8.1.4 Zpracování dat

Je-li navázáno úspěšné spojení, může docházet ke zpracování událostí, které jsou vyvolávány příchozími zprávami, ke kterým je aplikace přihlášena. Jak bylo uvedeno výše, program je přihlášen ke všem zprávám, které přenáší gateway mezi KNX a IBM Watson IoT. Obsah zprávy obsahuje informace o senzoru, tedy jeho skupinovou a individuální adresu a dále samotná užitečná data a časové razítko, které odpovídá času vytvoření KNX telegramu. Každá zpráva je tedy testována na shodu skupinové adresy s adresou vybranou uživatelem ze souboru skupinových adres. Je-li nalezena shoda, jsou data této zprávy zobrazena uživateli na příslušné pozici uživatelského rozhraní. Zároveň je pro každý senzor vytvořena kolekce, která si dočasně uchovává přijímaná data pro zobrazení v průběhu hodnot v grafu. Zároveň je po navázání spojení s IBM cloudem vyhledána poslední informace o zaznamenané přítomnosti. Uživateli je zobrazena informace, před jakou dobou byla zaznamenaná poslední přítomnost osob. Během chodu je tento čas dynamicky aktualizován. Je-li někdo přítomen, je o tom uživatel informován. Informace o posledním

záznamu o přítomnosti je po navázání spojení automaticky hledána v databázi Cloudant. Pro tento účel je vytvořen dotaz, který vrací poslední pozitivní záznam od okamžiku spuštění.

8.1.5 Vizualizace historických dat

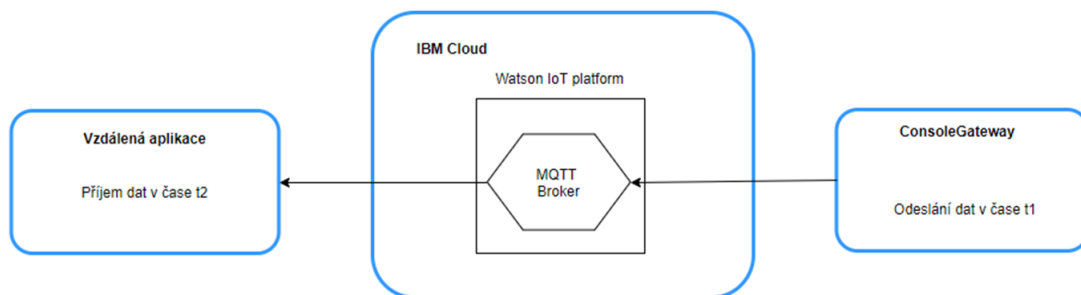
Další funkcí programu je vizualizace historických dat daného senzoru. Uživateli se po kliknutí na libovolnou veličinu otevře nové okno, ve kterém se zobrazí graf dat přijímaných od začátku připojení a je dynamicky aktualizován s každou nově příchozí hodnotou. V základu je nastaveno zobrazení dat v intervalu pěti minut. Uživatel si může zvolit časový rozsah historických dat od jedné minuty do jednoho měsíce. V okamžiku, kdy si uživatel zvolí, dojde uvnitř programu k vygenerování příslušného dotazu na databázi. Proměnnými v dotazu jsou časové hodnoty od kdy do kdy jsou data žádána a skupinová adresa, které se data týkají. Jsou-li data v databázi k dispozici, mohou být ve formě kolekce nastaveny jako zdroj dat pro graf. jako graf je zde použita instance třídy Chart, kterou poskytuje prostředí WinForms.

9 Zhodnocení výsledků

Všechny cíle této práce byly splněny. V teoretické části byly popsány současné způsoby monitorování a řízení provozně-technických stavů inteligentních budov. Dále byly popsány možnosti KNX technologie pro automatizaci v rámci IoT. Jelikož se podařilo úspěšně propojit chytrou KNX instalaci se službami IBM Watson IoT a Cloudant databází, mohl být celý systém dlouhodoběji testován, díky čemuž bylo získáno dostatečné množství dat pro vyvození některých závěrů. Níže jsou popsány dosažené výsledky zaměřené na konektivitu a na vyhodnocení významu získaných dat.

9.1 Měření zpoždění přenosu dat

Zpoždění přenosu dat bylo měřeno mezi okamžiky zaznamenání telegramu na KNX sběrnici, kdy dochází i k odeslání MQTT zprávy do Watson IoT platformy a přijetím této zprávy ve vzdálené aplikaci, viz obrázek 16. Rozdíl byl odečten na základě časových razítek, která byla zaznamenána právě v těchto dvou okamžicích. Průměrný čas pro přenos je průměrně 23ms. V praxi je možno použít příklad, kdy je z KNX instalace odeslána hodnota do aplikace, ve které dojde k jejímu vyhodnocení, na základě kterého je vyslána nová hodnota zpět do KNX instalace. Potřebný čas pro přenos informace je tedy dvojnásobný. Zpravidla se bude jednat stále o desítky milisekund, výjimečně stovky milisekund. Při určování časových prodlev v takové aplikaci je nutno počítat s časem potřebným pro vyhodnocení přijaté hodnoty. Zde bude záležet pouze na časové složitosti výpočtu.



Obrázek 16: měření zpoždění přenosu dat

Spolehlivost a rychlost přenosu dat pomocí Watson IoT platformy napovídá, že se může jednat o velmi užitečný nástroj v mnoha aplikacích. Využití najde jak v komerčním, tak soukromém sektoru, jelikož použití je poměrně snadné a člověk, který má znalosti programování si tak může vytvořit pestré aplikace.

9.2 Pozorování vlivu přítomnosti osob na hladinu CO₂ ve vzduchu

V této kapitole je popsán vliv přítomnosti osob na ovzduší v monitorované učebně FEI EB312. Bylo zjištěno, že lidé v místnosti ovlivňují nejen množství CO₂, ale i vlhkost a teplotu ovzduší. Z naměřených dat byly vytvořeny grafy, ze kterých je patrné, že během přítomnosti osob dochází k výkyvům všech měřených veličin.

Rozvrh místnosti **POREB312** (16 míst)
kat 450 - lehká laboratoř řízení budov

	7:15-8:00	8:00-8:45	9:00-9:45	9:45-10:30	10:45-11:30	11:30-12:15	12:30-13:15	13:15-14:00	14:15-15:00	15:00-15:45	16:00-16:45	16:45-17:30	17:45-18:30	18:30-19:15
pondělí			Výuka		Výuka				Výuka					
úterý			Výuka		Výuka				Výuka					
středa														
čtvrtek							Výuka		Výuka					
pátek														
sobota														

VŠB-TU Ostrava, Letní semestr 2018/19 - 25.04.2019 12:01

Obrázek 17: Rozvrh výuky v učebně EB312 v měřeném období

Vzorem pro porovnání měřených dat se skutečnou obsazeností učebny FEI EB312 je pravidelný rozvrh výuky a některé další reálně zaznamenané aktivity v učebně, jako například KNX školení ve dnech 28.3-29.3. Níže jsou zobrazeny grafy, které zobrazují dění v učebně v intervalu měsíce, týdne a jednoho dne. Pravidelný rozvrh výuky je zobrazen na Obrázku 17.

9.2.1 Vliv osob na hladinu CO₂ ve vzduchu

Pro určení obsazenosti místnosti byl určen primárně senzor přítomnosti a dále senzor hladiny CO₂. Sledováním dat z obou senzorů bylo možno rozeznat, zda-li je v místnosti někdo přítomen. Senzor přítomnosti je velmi citlivý a reaguje na jakýkoliv pohyb. Při monitorování pouze tímto senzorem by mohl nastat problém, pokud by daná osoba setrvala zcela nehnutě, což se v praxi samozřejmě stává, ovšem při pozorování přirozeného chování osob, které v laboratoři seděly a pracovaly na PC se jednalo řádově o minuty, než došlo k přirozenému pohybu (pohyb počítačovou myší, pohyb hlavy, protažení těla...). Pro eliminaci těchto nepřesností byla monitorována hladina CO₂. Zdrojem oxidu uhličitého (CO₂) je za normálních podmínek v testovaném prostředí pouze člověk. Je-li tedy v monitorované místnosti někdo přítomen, hladina CO₂ se začne okamžitě zvyšovat až do doby, kdy je pro přítomné osoby hladina CO₂ únosná. V praxi to znamená, že hladina CO₂ roste po určitou mez, kdy je osoba donucena vlivem špatného, „vydýchaného“ vzduchu vyvětrat místnost. Během větrání dochází k prudkému poklesu množství CO₂ v místnosti až do ustáleného stavu. Během monitorování bylo sledováno, jakým trendem se pohybuje hladina CO₂, pokud místnost opustily všechny osoby, aniž by prostor vyvětraly. Vlivem stavební konstrukce budovy docházelo k permanentnímu poklesu, který byl podstatně pozvolnější než při větrání, ale tento pokles byl vytrvalý, dokud nedošlo k ustálení stavu či příchodu osob do místnosti. Rychlost nárůstu množství CO₂ je přímo závislý na množství osob v místnosti a také na kondici osob. Pokud by byla monitorována například posilovna, byly by výsledky při stejném počtu osob rozdílné, jelikož člověk, který vyvíjí nadměrnou fyzickou aktivitu

spotřebovává více kyslíku a produkuje více oxidu uhličitého. Na Obrázku 18 je znázorněn graf hodnot CO_2 ve vnitřním prostředí a vliv těchto hodnot na člověka.

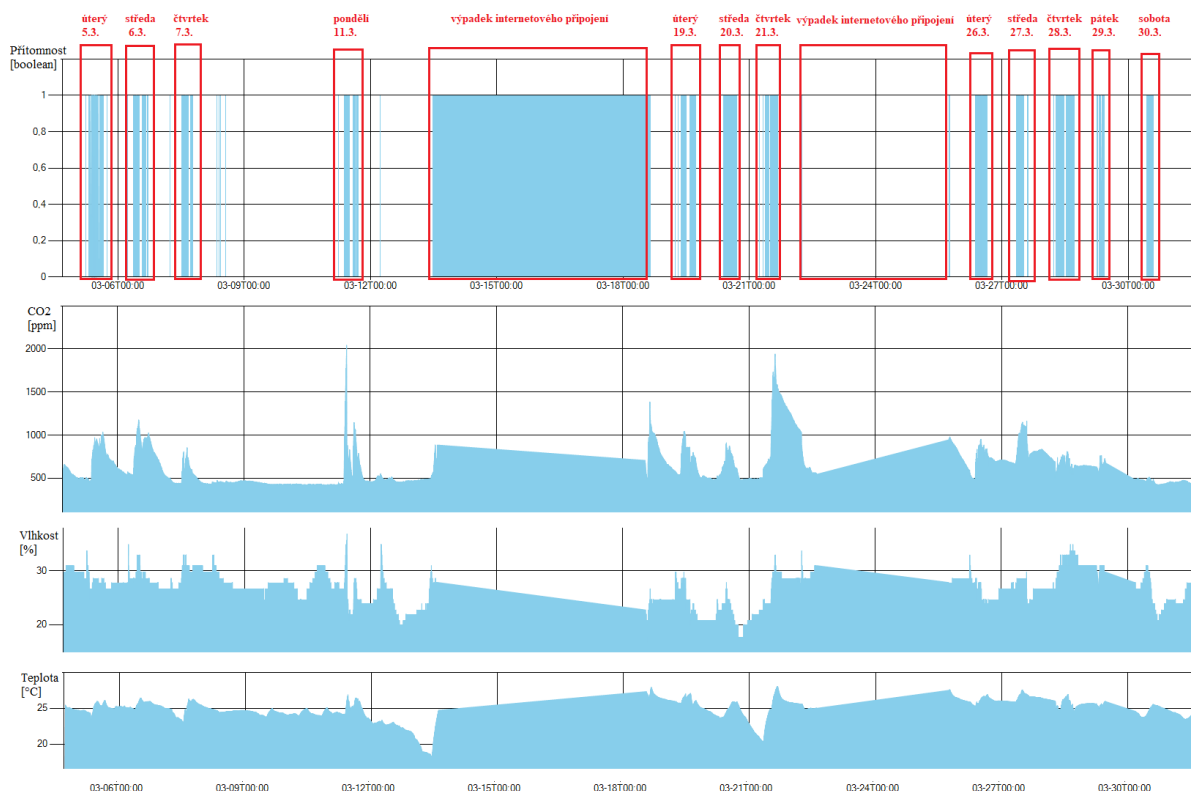


Obrázek 18: Koncentrace CO_2 ve vnitřním prostředí[54]

9.2.2 Měsíční interval měření

Pro lepší představu, jak velké jsou výkyvy měřených hodnot v době obsazenosti a v době kdy je místnost prázdná jsou zde zobrazeny grafy průběhu všech měřených veličin pro měsíc březen (Obrázek 19) a duben (Obrázek 20). Zde jsou velmi patrné maximální hodnoty a naopak hodnoty ustáleného stavu. Senzor přítomnosti reaguje na přítomné osoby změnou stavu z "0" na "1". Pokud dochází k nehybnosti osob, senzor změni stav na "0". Tento senzor je velmi citlivý a pokud je učebna plná lidí, je prakticky stále ve stavu "1", jelikož se s počtem lidí zvyšuje intenzita potenciálně zaznamenatečných pohybů. V době výuky jsou tedy hodnoty senzoru přítomnosti většinu času přítomnosti osob ve stavu "1". Zajímavý je pohled na průběh CO_2 , který s příchodem studentů do učebny prudce roste a po vyprázdnění pozvolně klesá až do hodnoty blízké hladině CO_2 v atmosféře. Vlivem netěsnosti oken, dveří a propustností zdiva dochází k poklesu CO_2 i když je místnost uzavřená. Na Obrázku 18, kde jsou zobrazena březnová data lze mezi 8.3. - 11.3., tedy o víkendu, kdy byla místnost zcela prázdná lze pozorovat ustálený stav CO_2 na hodnotě odpovídající venkovnímu ovzduší. Význam hodnot CO_2 lze vidět na obrázku 18.

Pohled na průběh teploty a vlhkosti vzduchu také ukazuje závislost na přítomnosti osob v místnosti. Jejich průběh však není tolik vypovídající o přítomnosti osob jako průběh CO_2 . Příkladem může být pohled na hodnoty ze dne 11.3. kde je patrné, že s hladinou CO_2 společně stoupala či klesala i hodnota teploty a vlhkosti. Podobnost průběhu teploty a vlhkosti vůči průběhu CO_2 je v praxi dobře použitelná. Vzhledem k vysokým finančním nákladům na senzory CO_2 lze vhodnými predikčními nástroji použít podstatně levnější senzory teploty a vlhkosti

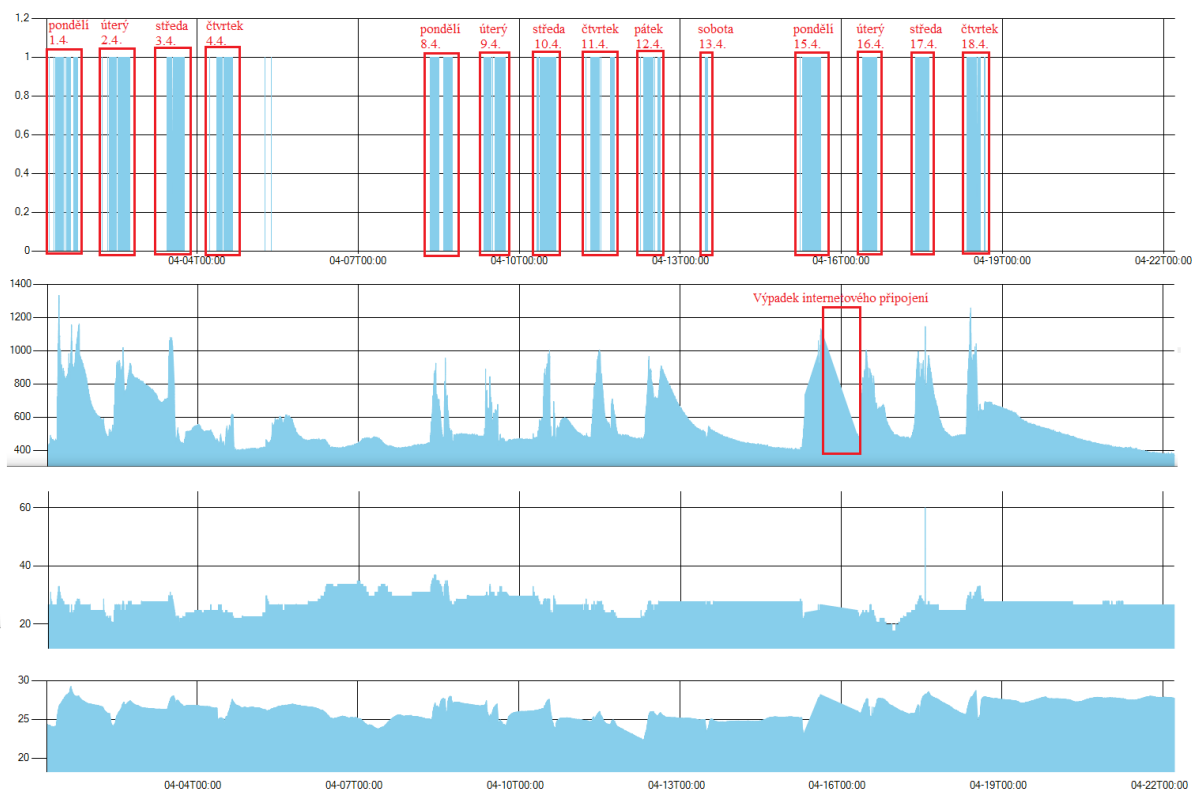


Obrázek 19: Průběh měřených hodnot - březen 2019

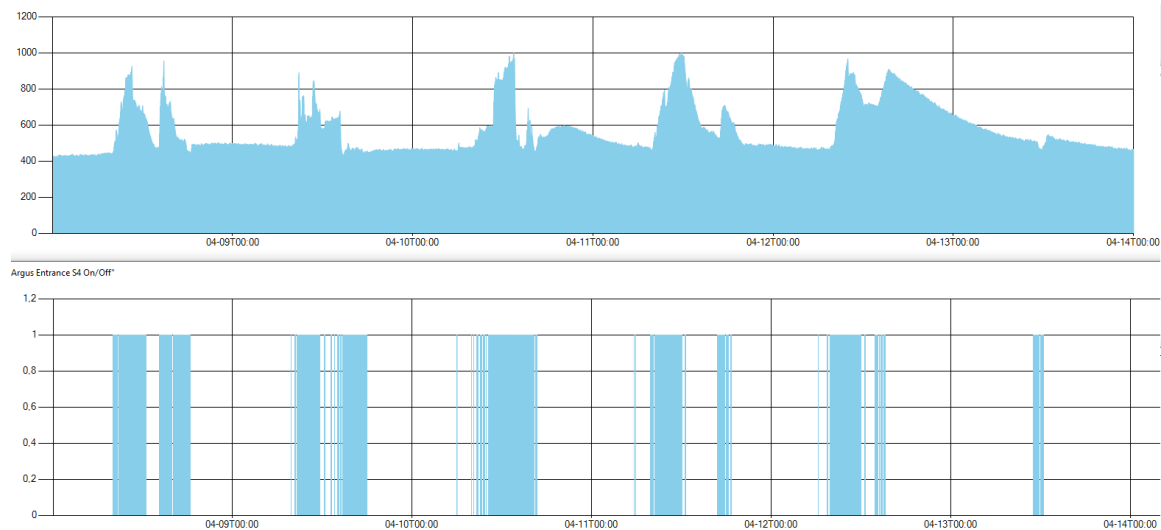
k určování hodnoty CO_2 . Taková řešení se nabízejí v aplikacích, které jsou méně náročné na přesnost úrovně CO_2 , například pro větrání místnosti. Tematikou predikce CO_2 na základě teploty a vlhkosti se zabývá J. Vaňuš a spol. ve své práci [4].

9.2.3 Týdenní interval měření

Na obrázku 21 jsou znázorněny hodnoty CO_2 a přítomnosti v týdnu od 8. do 14. dubna. Graf je rozdělen do sedmi částí, kde každá část představuje jeden den. Senzor přítomnosti ukazuje, kdy byli v místnosti přítomni lidé. Srovnání hodnot v grafech jasně ukazuje souvislost mezi zvýšením hladiny CO_2 a přítomnosti osob v místnosti. Hodnoty korespondují s týdenním rozvrhem výuky v této učebně. Navíc zde byly zaznamenány i jiné aktivity.



Obrázek 20: Průběh měřených hodnot - duben 2019

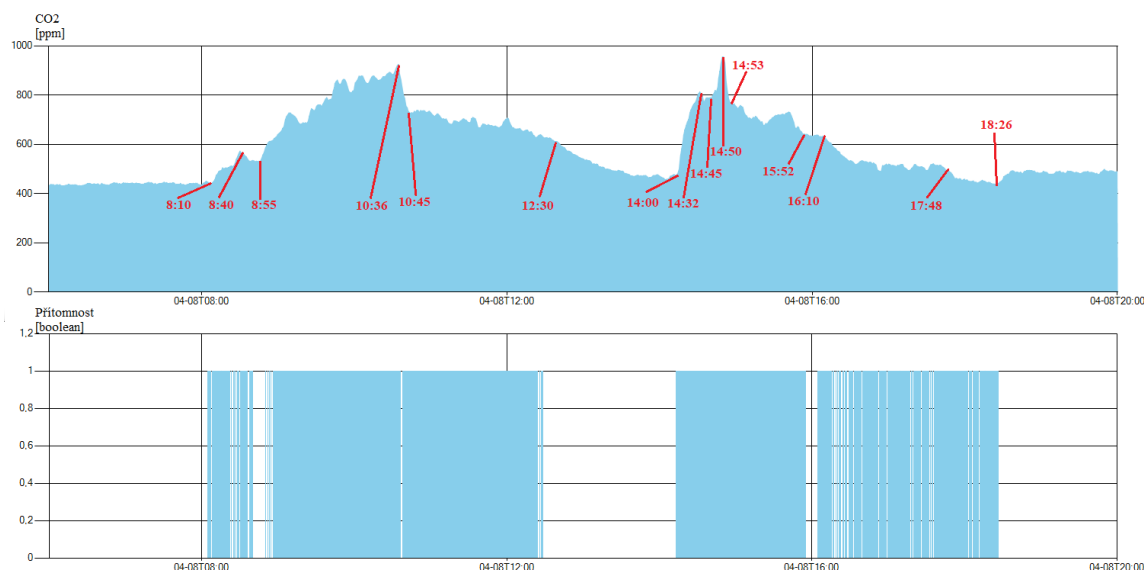


Obrázek 21: Hodnoty v týdnu 8.-14.dubna 2019

9.2.4 Denní interval měření

Na Obrázku 21 jsou zobrazena data CO_2 a data přítomnosti osob jednoho dne výuky v učebně FEI EB312. V tomto dnu, 8.4.2019, zde probíhala výuka v časech 9:00-10:30, 10:45-12:15, 14:15-

15:45. V čase 16:10 zde probíhala individuální činnost.



Obrázek 22: vliv přítomnosti osob na CO₂

Bylo vypořádováno, že je-li místnost prázdná, ustálí se hladina CO₂ na průměrné hodnotě 425ppm. Tato ustálená hodnota je přímo závislá na hodnotě CO₂ v atmosféře. Až do příchodu osoby v 18:10 je tento průběh neměnný. V 8:10 je zaznamenán příchod osoby senzorem přítomnosti. Lze vidět, že hladina CO₂ od tohoto okamžiku rychle roste. V čase 8:40 osoba nakrátko odchází a hladina CO₂ začala klesat a ustalovat se. Studenti se začali shromažďovat v čase 8:55 a od toho okamžiku CO₂ prudce roste, jelikož je v místnosti přítomno několik osob. Během růstu CO₂ lze vidět několik patrných poklesů, které jsou zapříčiněny kratšími intervaly, kdy byly otevřeny dveře. Docházelo tak ke krátké výměně vzduchu z chodby před učebnou. V čase 10:36 končí výuka a je otevřeno okno kvůli vyvětrání, CO₂ prudce klesá. Již v 11:00 je zahájena další výuka. Okno je zavřeno, dveře do chodby otevřeny. Dochází k výměně vzduchu z chodby, který obsahuje méně CO₂, ovšem pokles CO₂ v učebně je vlivem přítomnosti studentů pozvolný. V čase 12:30 dochází ke konci výuky, je zaznamenán poslední pohyb senzorem přítomnosti a učebna je prázdná a uzavřená. V tuto chvíli začíná CO₂ klesat rychleji a začne se ustalovat na průměrné hodnotě 425ppm až do okamžiku zahájení odpolední výuky ve 14:00. S příchodem skupiny studentů opět prudce roste hladina CO₂. V čase 14:32 jsou otevřeny dveře, čímž dojde k zastavení růstu CO₂ a hladina začne pomalu klesat. V čase 14:45 jsou dveře zavřeny a hladina CO₂ opět roste. V čase 14:50 14:53 je otevřeno okno a v této době CO₂ prudce klesá, dokud není okno zavřeno. Od času 14:53 až 15:52 dochází k pozvolnému klesání a stoupání hladiny CO₂ vlivem otevřených, respektive zavřených dveří. V čase 15:52 se místnost vyprázdnila - CO₂ se ustaluje. V čase 16:10 přichází osoba a místnost se vlivem otevřených dveří vyvětrá. Dveře zůstávají otevřené po celou dobu až do 18:26. Během této doby se hladina CO₂ kolísavě udržuje vlivem přítomnosti osoby nad hladinou 425ppm. V čase 17:48 je místnost velmi intenzivně

vyvětrána průvanem otevřených dveří a okna. Od 18:26 je místnost prázdná a hladina CO₂ se ustálí opět okolo hodnoty 425ppm. V grafu na Obrázku 21 lze vidět, že během výuky je senzor přítomnosti takřka trvale ve stavu "1", oproti situaci od 16:10, kdy je v místnosti přítomna jedna osoba a senzor přítomnosti musí zaznamenávat méně pohybu.

9.2.5 Vyhodnocení měření

Pro přesnější vyhodnocování snímaných hodnot by bylo v praxi vhodné snímat i další senzory. Zejména senzory na oknech a na dveřích, které by signalizovaly, zda jsou otevřené či nikoliv. Dále by bylo vhodné snímat hodnoty CO₂ ze sousedních prostor, tedy z místností, kam vedou dveře a také z venkovního ovzduší. Pohledem hodnoty v grafech se dá říci, že hodnota CO₂ je zajímavý indikátor změn v prostředí. Výhodou je poměrně rychlá reakce (v řádu desítek vteřin až jednotek minut) na jakékoliv změny (přítomnost osob a jejich počet, větrání, atd.). Během pozorování měřených hodnot a porovnáváním skutečných situací (otevření oken, otevření dveří, větší počet přítomných osob, atd.) bylo zjištěno, že průběh hodnot se při takových konkrétních situacích opakuje a lze poměrně úspěšně odvozovat danou situaci.

10 Závěr

Prvním krokem při přípravě k této bakalářské práci pro mne bylo absolvování certifikačního kurzu KNX partner v certifikovaném školicím středisku KNX. Jednalo se o základní kurz pro seznámení s KNX technologií, ve kterém jsem se naučil základní práci s konfiguračním programem ETS5 a seznámil se s topologií KNX instalací. Absolvováním jsem získal certifikát Partner platný po celém světě. Také jsem získal dostatečné a cenné poznatky o KNX technologii pro pozdější vytváření této práce.

V teoretické části práce jsem se v podobě řešerši seznámil se současnou problematikou spojenou se světem internetu věcí, inteligentních budov a cloudových technologií. Pro lepší uvedení do problematiky byl stručně popsán historický vývoj inteligentních elektroinstalací a nástin budoucího vývoje. Pro úspěšné řešení praktické části jsem se postupně seznámil se současnými cloudovými technologiemi, zejména tedy se službami společnosti IBM, která v tomto směru patří mezi špičky.

V první části praktické práce jsem se věnoval vývoji jednoúčelové konzolové aplikace pro konektivitu KNX instalace a IBM služby Watson IoT platformy. Při tvorbě tohoto programu byl kladen důraz na jednoduchost a spolehlivost. Důvodem byl požadavek spustit program co nejdříve, aby mohl nepřetržitě běžet a poskytovat získávaná data do databáze. Nepřetržitý běh programu jsem mohl kontrolovat pomocí jakéhokoliv webového prohlížeče s připojením k internetu, jelikož Watson IoT platforma poskytuje přívětivé webové rozhraní pro vizualizaci přijímaných dat. Po dostatečném ověření spolehlivosti započal vývoj desktopové verze, která poskytuje uživateli přehledné uživatelské prostředí. Její stěžejní funkce, tedy konektivita zmíněných dvou technologií, je stejná jako v případě konzolové aplikace. Tato desktopová verze byla vyvíjena za účelem použití studenty při výuce předmětů zaměřených na automatizaci budov.

V druhé části praktické práce jsem mohl na základě získávaných dat z KNX instalace vyvíjet vizualizační aplikaci, která umožňuje uživateli zobrazovat měřené veličiny, a to jak jejich historické hodnoty v závislosti na velikosti databáze, tak vizualizovat a zpracovávat data přenášena v reálném čase. Návrh grafického rozhraní vycházel z výukového panelu, který je umístěn v učebně FEI EB312. Důraz byl kladen na sdělení informace o aktuální obsazenosti monitorované místnosti. Uživatel může sledovat data senzoru přítomnosti a CO₂, z jejichž vývoje lze odvozovat přítomnost osob.

Během tvorby této bakalářské práce jsem také spolupracoval na výzkumu způsobu, jak docílit vhodného získávání a zpracování dat v dalších IBM cloudových službách za účelem predikce hladiny CO₂ na základě jiných měřených veličin, zejména měřením teploty a vlhkosti vzduchu. Jedna z motivací predikce CO₂ je ušetření finančních zdrojů na pořízení CO₂ senzorů, které jsou v porovnání snímačů teploty a vlhkosti výrazně nákladnější. Taková predikce jistě nebude dosahovat takové přesnosti jako senzor k tomu určený. Ovšem v mnohých aplikacích lze tuto predikci brát jako poměrně spolehlivou a přínosnou.

Pro predikci nabízí společnost IBM desktopovou aplikaci SPSS modeler nebo cloudovou službu Watson Studio. Během výzkumu se pracovalo s oběma variantami. Při práci s SPSS modelerem byla predikce prováděna na základě vstupních dat ve formě datového csv souboru. Při offline práci, kdy byla data vkládána pouze ve formě csv souboru bylo možné úspěšně zpracovávat data, ovšem nepodařilo se úspěšné propojení s online Cloudant databází, která je v této bakalářské práci používána. Proto byl zvolen jiný postup, a to použití služby Watson studio, které nabízí také mnoho funkcí, pomocí kterých lze data zpracovávat. Mimo jiné tedy i predikovat. Zde došlo také k úspěšnému propojení s Cloudant databází pro přístup k historickým datům a zároveň propojení této služby se službou Watson IoT platform pro živý přenos dat z KNX instalace. Přínosem během výzkumu tedy bylo poskytnutí dat KNX instalace skrze vyvinutý software pro zpracování ve Watson studiu.

Literatura

- [1] AGGARWAL, Mayank, MADHUKAR, Mani. IBMs Watson Analytics for Health Care: A Miracle Made True. Cloud Computing Systems and Applications in Healthcare [online]. IGI Global. 2017. 117-134 [cit. 2019-16-01]. Dostupné z DOI 10.4018/978-1-5225-1002-4.ch007
- [2] ASENSIO, José, Andrés, CRIAD, Javier, PADILLA, Nicolas, IRIBARNE, Luis. Emulating home automation installations through component-based web technology. Future Generation Computer Systems [online]. ScienceDirect. 2017. [cit. 2019-16-01]. ISSN 0167-739X. Dostupné z DOI <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.062>
- [3] VAŇUŠ, Jan, PĚTNÍK, Jiří. Design of Smart Home Implementation within IoT with Natural Language Interface. 15th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems PDeS 2018 [online]. IFAC-PapersOnLine. 2018. 51(6). 174-179 [cit. 2019-16-01]. Dostupné z DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.07.149>
- [4] VAŇUŠ, Jan, BELEŠOVÁ, Jana, MARTÍNEK, Radek, NEDOMA, Jan, FAJKUS, Marcel, BILÍK, Petr, ŽÍDEK, Jan. Monitoring of the daily living activities in smart home care. Human-centric Computing and Information Sciences [online]. Springer. 2017.[cit. 2019-16-01]. ISSN 2192-1962. Dostupné z DOI <https://doi.org/10.1186/s13673-017-0113-6>
- [5] NANDI, Shubhradeep. Cloud-Based Cognitive Premise Security System Using IBM Watson and IBM Internet of Things (IoT). Advances in Eletronics, Commincation and Computing [online]. Springer. 2017. 443. 723-731 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-981-10-4765-7. Dostupné z DOI https://doi.org/10.1007/978-981-10-4765-7_75
- [6] LEKIC, Milica, GARDASEVIC, Gordana. IoT sensor integration to Node-RED platform. 2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA(INFOTECH) [online]. IEEE. 2018. 1-5 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-1-5386-4907-7. Dostupné z DOI 10.1109/INFOTEH.2018.8345544
- [7] ILIEVA, Sylvia, PENCHEV, Andrey, PETROVA-ANTONOVA, Dessislava. Internet of Thing Framework for Smart Home Building. Digital Transformation and Global Society [online]. Springer. 2016. 450-462 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-3-319-49700-6. Dostupné z DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-49700-6_45
- [8] JUNG, Markus, WEIDINGER, Jürgen, KASTNER, Wolfgang, OLIVIERI, Alex. Building Automation and Smart Cities: An Integration Approach Based on a Service-Oriented Architecture. 2013 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops [online]. IEEE. 2013. 1361-1367 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-0-7695-4952-1. Dostupné z DOI 10.1109/WAINA.2013.200

- [9] DÍAZ, Manuel, MARTÍN, Cristian, RUBIO, Bartolomé. State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications* [online]. ScienceDirect. 2016. 67. 99-117 [cit. 2019-16-01]. ISSN 1084-8045. Dostupné z DOI <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2016.01.010>
- [10] KELLY, Sean, Dieter, Tebje, SURYADEVARA, Nagender, Kumar, MUKHOPADYAY, Subhas, Chandra. Towards the Implementation of IoT for Environmental Condition Monitoring in Homes. *IEEE Sensors Journal* [online]. IEEE. 2013. 13(10). 3846-3853 [cit. 2019-16-01]. ISSN 1558-1748. Dostupné z DOI 10.1109/JSEN.2013.2263379
- [11] KOO, Jahoon, KIM, Young-Gab. Interoperability of device identification in heterogeneous IoT platforms. 2017 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO) [online]. IEEE. 2017. 26-29 [cit. 2019-16-01]. ISSN 2475-2320. Dostupné z DOI 10.1109/ICENCO.2017.8289757
- [12] MIANETTI, Luca, MIGHALI, Vincenzo, PATRONO, Luigi. An android multi-protocol application for heterogeneous building automation systems. 2014 22nd International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM) [online]. IEEE. 2014. 121-127 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-9-5329-0052-1. Dostupné z DOI 10.1109/SOFTCOM.2014.7039071
- [13] MARKSTEINER, Stefan, JIMENEZ, Víctor, Juan, Exposito, VALIANT, Heribert, ZEINER, Herwig. An overview of wireless IoT protocol security in the smart home domain. 2017 Internet of Things Business Models, Users, and Networks [online]. IEEE. 2017. 1-8 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-1-5386-3197-3. Dostupné z DOI 10.1109/CTTE.2017.8260940
- [14] MARTINEZ, Andrea, C. Connecting Small Form-Factor Devices to the Internet of Things. *Advances in Human Factors and System Interactions* [online]. Springer. 2016. 497. 313-322 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-3-319-41956-5. Dostupné z DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-41956-5_28
- [15] PERERA, Charith, LIU, Chi, Harold, JAYAWARDENA, Srimal. The Emerging Internet of Things Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing* [online]. IEEE. 2015. 3(4). 585-598 [cit. 2019-16-01]. ISSN 2168-6750. Dostupné z DOI 10.1109/TETC.2015.2390034
- [16] VAŇUŠ, Jan, STRATIL, Tomáš, MARTÍNEK, Radek, BILÍK, Petr, ŽÍDEK, Jan. The Possibility of Using VLC Data Transfer in the Smart Home. *IFAC-PapersOnLine* [online]. ScienceDirect. 2016. 49(25). 176-181 [cit. 2019-16-01]. ISSN 2405-8963. Dostupné z DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.030>
- [17] BAJER, Marcin. IoT for Smart Buildings - Long Awaited Revolution or Lean Evolution. 2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)

- [online]. IEEE. 2018. 149-154 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-1-5386-7503-8. Dostupné z DOI 10.1109/FiCloud.2018.00029
- [18] BASTOS, D., SHACKLETON, M., EL/MOUSSA, F. Internet of Things: A survey of technologies and security risks in smart home and city environments. Living in the Internet of Things: Cybersecurity of the IoT – 2018 [online]. IEEE. 2018. 1-7 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-1-78561-843-7. Dostupné z DOI 10.1049/cp.2018.0030
- [19] TANWAR, Sudeep, PATEL, Prakash, PATEL, K., TYAGI, Sudhanshu, KUMAR, Neeraj, OBAIDAT, Mohammad, S. An advanced Internet of Thing based Security Alert System for Smart Home. 2017 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS) [online]. IEEE. 2017. 25-29 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-1-5090-5957-7. Dostupné z DOI 10.1109/CITS.2017.8035326
- [20] HOLÝ, Radek, KALIKA, Marek, HAVLÍK, Jiří, MAKAROV, Anatolij. HVAC system — communication platform. 2018 3rd International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG) [online]. IEEE. 2018. 1-4 [cit. 2019-16-01]. ISBN 978-1-5386-0661-2. Dostupné z DOI 10.1109/IGBSG.2018.8393552
- [21] VAŇUŠ, Jan, MACHAČ, Jaroslav, MARTÍNEK, Radek, BILÍK, Petr, ŽÍDEK, Jan, NEDOMA, Jan, FAJKUS, Michal. The design of an indirect method for the human presence monitoring in the intelligent building. Human-centric Computing and Information Sciences [online]. Springer. 2018. [cit. 2019-16-01]. ISSN 2192-1962. Dostupné z DOI <https://doi.org/10.1186/s13673-018-0151-8>
- [22] AKINSIKU, Adegboyega, JADAV, Divyesh. BeaSmart: A beacon enabled smarter workplace. NOMS 2016 - 2016 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium [online]. IEEE. 2016. 1269-1272 [cit. 2019-16-01]. ISSN 2374-9709. Dostupné z DOI 10.1109/NOMS.2016.7503001
- [23] CHEN, Min, WAN, Jiafu, LI, Fang. Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications. KSII Transactions on Internet and Information Systems [online]. 2012. 480-497 [cit. 2019-16-01]. Dostupné z DOI 10.3837/tiis.2012.02.002
- [24] TOLENTINO, Mellisa. 1950s Smart homes : Future in the past. In: www.siliconangle.com [online]. 2014 [cit. 2019-20-01]. Dostupné z <https://siliconangle.com/2014/02/05/1950s-smart-homes-future-in-the-past/>
- [25] BAYAZ, Lourdez, Sanchez. Disneys New House of the Future. In: www.trendhunter.com [online]. 2008 [cit. 2019-20-01]. Dostupné z <https://www.trendhunter.com/trends/disney-will-open-a-new-house-of-the-future>

- [26] SMELÍK, Lukáš. Vývoj chytrých domácností: od kutilova domu na tlačítko po umělou inteligenci a virtuální realitu. In: www.inbudovy.cz [online]. 2018 [cit. 2019-21-01]. Dostupné z <http://inbudovy.cz/artukul/article/vyvoj-chytrych-domacnosti-od-kutilova-domu-na-tlacitko-po-umelou-inteligenci-a-virtualni-r/>
- [27] PYLES, James. CARRELL, L., Jeffrey. TITTEL, Ed. Guide to TCP/IP: IPv6 and IPv4 [online]2016, [cit. 21. 01. 2019]. ISBN 9781337020541. Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=-wevDAAAQBAJ>
- [28] HAGEN, Silvia. IPv6 Essentials [online]2006, [cit. 21. 01. 2019]. ISBN 9780596553418, Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=ZurkaAf3py0C>
- [29] BOUHAI, Nasreddine. Internet of Things: Evolutions and Innovations [online], Computer Engineering: Digital Tools and Uses Digital tools and uses set – Svazek 4, 2017,[cit. 21. 01. 2019]. ISBN 9781786301512. Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=MXs6DwAAQBAJ>
- [30] ADAMCZYK, Alicia. Amazon představuje tlačítko Dash Button. Rychle objedná to, co zrovna potřebujete. In: www.forbes.cz [online]. 2015 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://www.forbes.cz/amazon-predstavuje-tlacitko-dash-button-rychle-objedna-to-co-zrovna-potrebuje/>
- [31] VOJÁČEK, Antonín. Základní úvod do oblasti internetu věcí(IoT). In: automatizace.hw.cz [online]. 2016 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html>
- [32] NILSSON, Rolf. Bluetooth Low Energy není jen nová verze standard Bluetooth. AUTOMA časopis pro automatizační techniku [online]. 2013. 19(12). 40-43 [cit. 21. 01. 2019]. ISSN 1210-9592. Dostupné z http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/bluetooth-low-energy-neni-jen-nova-verze-standardu-bluetooth-2013_12_0_10907/
- [33] LoRa Alliance. LoRaWAN: What is it? [online]. 2015 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://loro-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>
- [34] DREGVAIT, Giedre. DAMASEVICIUS, Robertas. Information and Software Technologies: 22nd International Conference, 2016, Druskininkai, Lithuania, October 13-15, 2016, Springer, 30 October 2016.ISBN 9783319462547. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=ApcoDQAAQBAJ>
- [35] FARAHANI, Shahin. ZigBee Wireless Networks and Transceivers. In: Addison-Wesley Wireless Communications Series [online]. 2008 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=0m6zlAEACAAJ>

- [36] PAETZ, Christian. Z-Wave Essentials [online]. 2017 [cit. 21. 01. 2019]. ISBN 9781912317073. Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=t80nDwAAQBAJ>
- [37] MALÝ, Martin. Protokol MQTT: komunikační standart pro IoT. In: root.cz [online]. 29.6.2016 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://www.root.cz/clanky/protokol-mqtt-komunikacni-standard-pro-iot/>
- [38] VOJÁČEK, Antonín. IoT MQTT prakticky v automatizaci – 1.díl – úvod. In: automatizace.hw.cz [online]. 21.1.2017 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://automatizace.hw.cz/iot-mqtt-prakticky-v-automatizaci-1dil-uvod.html>
- [39] HILLAR, C., Gastón. MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol [online]. 2017 [cit. 21. 01. 2019]. ISBN 1787285146. Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=40EwDwAAQBAJ>
- [40] SIVÁK, Petr. Seriál Jabber - komunikačný protokol [online], root.cz, 2004, [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://www.root.cz/serialy/jabber-komunikacny-protokol/>
- [41] WANG, Lizhe. RANJAN, Rajiv. CHEN, Jinjun. BENATALLAH, Boualem. Cloud Computing: Methodology, Systems, and Applications [online], 2011, [citováno 31. 01. 2019]. ISBN 9781439856413. Dostupné z <https://books.google.cz/books?id=GaN41KF7hvgC>
- [42] AAZAM, M., KHAN, I., ALSAFFAR, A., HUH, E. "Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved. Proceedings of 2014 11th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST) [online]. IEEE. 2014. 414-419 [cit. 21. 01. 2019]. ISSN 2151-1411. Dostupné z DOI 10.1109/IBCAST.2014.6778179
- [43] Intesis Software S.L.U. houseinhand.com [online]. [cit. 31.1.2019]. Dostupné z <https://www.houseinhand.com/>
- [44] DELIOT, Pascal. microsoft.com [online]. [cit. 31.1.2019]. Dostupný na WWW: <https://www.microsoft.com/cs-cz/p/knx-dashboard/9wzdnrdm06f?activetab=pivot:overviewtab#>
- [45] Intesis Software S.L.U. play.google.com [online]. [cit. 31.1.2019]. Dostupné z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.intesis.houseinhand>
- [46] KUNC, Josef. KNX a internet věcí (IoT). In: Elektroprumysl.cz [online]. 15.1.2018 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/knx-a-internet-veci-iot>
- [47] KNX asociace. sti.uniurb.it [online]. [cit. 31.1.2019]. Dostupné z http://www.sti.uniurb.it/romanell/Domotica_e_Edifici_Intelligenti/110504-Lez10a-KNX-Datapoint%20Types%20v1.5.00%20AS.pdf

- [48] KNX asociace. knxcz.cz [online]. [cit. 31.1.2019]. Dostupné z https://knxcz.cz/images/clanky/KNX-IoT_en.pdf
- [49] MICHALEC, Libor. Komunikace v KNX. In: Vyvoj.hw.cz [online]. 2.6.2014 [cit. 21. 01. 2019]. Dostupné z <https://vyvoj.hw.cz/automatizace/komunikace-v-knx.html>
- [50] KNX Asociace. Knx-Specifications [online]. 1.10.2014 [cit. 31.1.2019]. Dostupné z <https://my.knx.org/en/downloads/knx-specifications>
- [51] NAGLIC, Matija, SOUVENT, Andrej. Concept of SmartHome and SmartGrids integration, 2013 4th International Youth Conference on Energy (IYCE) [online]. IEEE. 2013, pp. 1-5 [cit. 2019-09-04]. ISBN: 978-1-4673-5556-8. Dostupné z doi: 10.1109/IYCE.2013.6604199
- [52] POHANKA, Pavel. Internet věcí. In: i2ot.eu [online]. [cit. 9.4.2019]. Dostupné z <http://i2ot.eu/internet-of-things/>
- [53] KNX-Catalogue. Schneider Electric [online]. 30.11.2018.[citováno 19.4.2019] Dostupné z: https://www.se.com/cz/cs/download/document/LSB02779_EN/
- [54] HRUBÝ, Libor. Kvalita vnitřního prostředí na základních školách. In: TZB Haus Technik. 2019, pp. 20-22

Přílohy

Příloha A - Laboratorní úloha Konektivita KNX - Watson IoT platform

Příloha B - KNX výukové panely

Příloha C - Použití aplikace DesktopVisualization

Příloha D - Příloha v IS EDISON. Konzolová aplikace ConsoleGateway + zdrojový kód

Příloha E - Příloha v IS EDISON. Desktopová aplikace DesktopGateway + zdrojový kód

Příloha F - Příloha v IS EDISON. Desktopová aplikace DesktopVisualization + zdrojový kód

A Laboratorní úloha Konektivita KNX - IBM Watson IoT

A.1 Cíl úlohy

Cílem této laboratorní úlohy je seznámit se s možnostmi KNX instalace v rámci internetu věcí s použitím cloudové služby firmy IBM – Watson IoT platform.

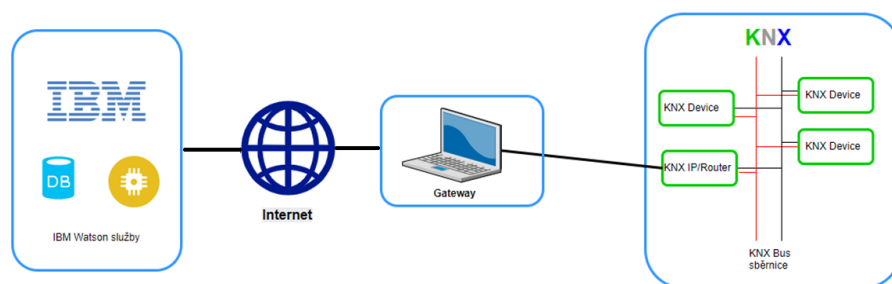
A.2 Zadání

Vytvořte projekt v programu ETS5 a nakonfigurujte senzory. Vytvořte účet na webu IBM cloud. Začněte používat Watson IoT platform. Spusťte software DesktopGateway a zprovozněte komunikaci mezi KNX instalací a Watson IoT platform. Vizualizujte v této službě data přijímaná z KNX instalace.

A.3 Teoretický rozbor

Služba Watson IoT platform umožňuje komunikaci zařízením, která jsou připojena k internetu a mají vlastní IP adresu. Pro komunikaci je použit MQTT protokol, který je vhodný pro IoT použití. Připojená zařízení ke službě Watson IoT platform mohou mezi sebou komunikovat. Takovými zařízeními může být mobilní telefon s vhodnou aplikací na jedné straně a chytrá žárovka na straně druhé. Takhle lze ovládat žárovku odkudkoliv na světě, jelikož všechna data prochází webovou službou Watson IoT platform.

Aby bylo možné komunikovat se sběrnici KNX instalace, je nutné přistupovat ke sběrnici vhodným zařízením, jímž může být KNX/IP router nebo USB rozhraní. Pokud je takový přístup ke sběrnici zajištěn, lze vhodnou aplikací provozovat obousměrnou komunikaci mezi sběrnici KNX instalace a webovou službou Watson IoT platform



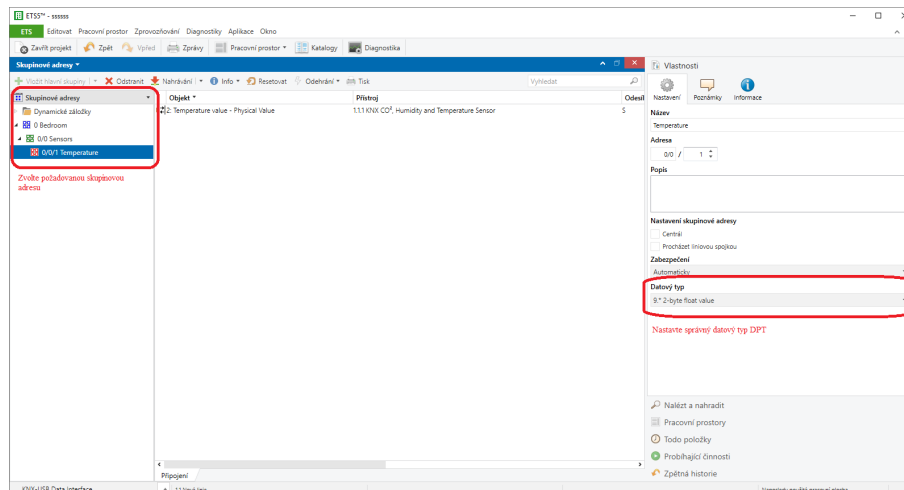
Obrázek 23: Blokové schéma

A.4 Nastavení KNX instalace

Pro tuto úlohu budete potřebovat základně nakonfigurovaný projekt KNX instalace.

A.4.1 Nastavení datového typu dat

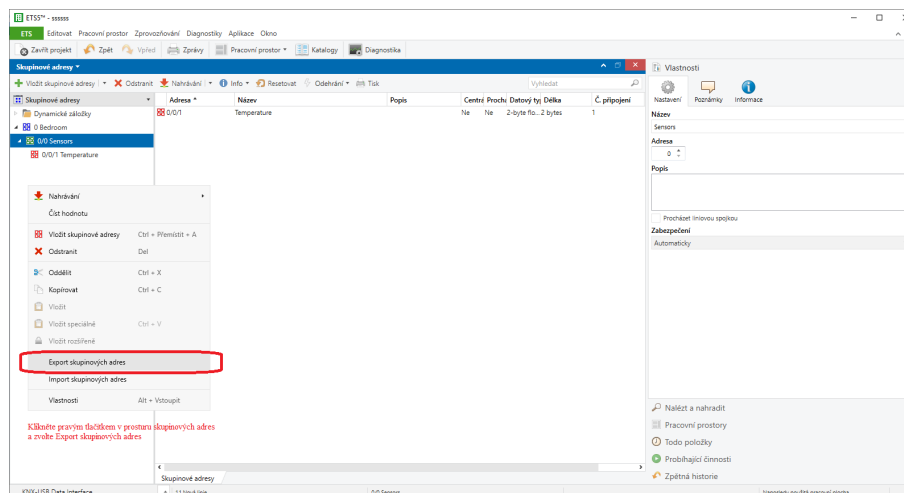
Pro vhodné dekódování dat nastavte vhodný datový typ. Pokud nebude nastaven, nebo nebude nastaven správně, data budou přenášena, ale jejich hodnota bude pro uživatele nicneříkající.



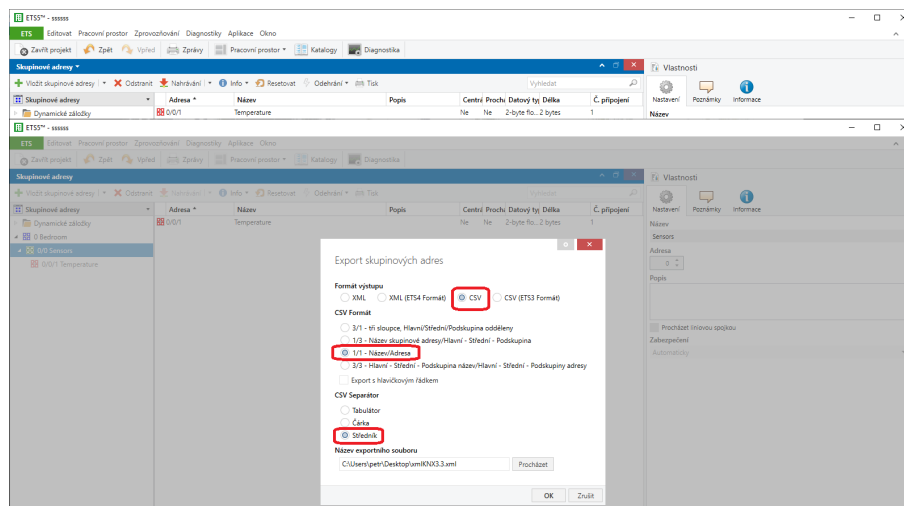
Obrázek 24: Nastavení datového typu

A.4.2 Export skupinových adres

Exportujte skupinové adresy do textového souboru. Pokračujte podle obrázkového návodu (obrázek). Tento soubor bude použit později v aplikaci DesktopGateway.



Obrázek 25: Export skupinových adres



Obrázek 26: Export skupinových adres - výstupní soubor

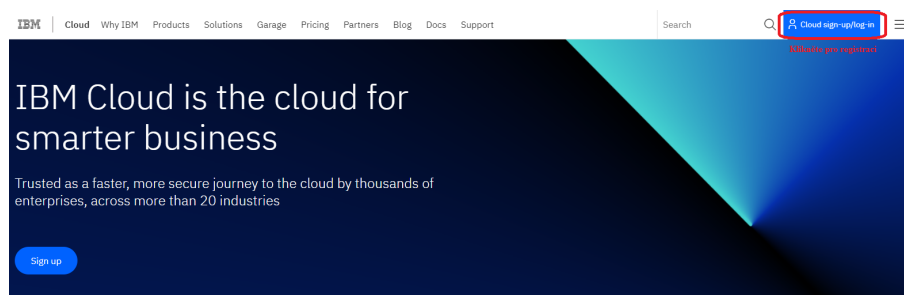
A.5 IBM Watson IoT

Služba Watson IoT platform firmy IBM je placená. Částka se hradí měsíčně dle rozsahu využívání služeb. Pro studijní účely lze použít trial verzi, která umožňuje používání 30dní zdarma. Studenti pak mají možnost v případě zájmu tuto službu používat půl roku zdarma.

A.5.1 Registrace

Provedte registraci na webové stránce <https://www.ibm.com/cloud/>. Postupujte podle návodu viz následující text a obrázky.

Po otevření odkazu můžete pro zahájení registrace kliknout na tlačítko "Cloud Sign Up/Log In"(obrázek 2). Budete přesměrováni na stránku pro vyplnění údajů (obrázek 3). Vyplňte své údaje. Je nutné vyplnit platný email pro pozdější potvrzení registrace. Jsou-li vloženy údaje v pořádku, budete informováni o úspěšné registraci(obrázek 4). Nyní přejděte do své emailové schránky a vyčkejte na potvrzovací email. Tento email by měl být doručen během několika minut od registrování (pokud email nevidíte, zkuste zkontrolovat spam složku). Jakmile email dorazí, otevřete ho a potvrďte registraci(obrázek 5).



Obrázek 27: Registrace IBM Watson IoT - krok 1

Obrázek 28: Registrace IBM Watson IoT - krok 2

Nyní jste přesměrováni zpět na web IBM Cloud a jste informováni o úspěšném potvrzení Vašeho účtu (obrázek 6). Klikněte na "Log in" pro přihlášení. Nyní jste vyzváni k potvrzení licenčních podmínek pro užívání (obrázek 7). Podmínky potvrďte a nyní můžete začít využívat služby IBM Cloudu.

Obrázek 29: Registrace IBM Watson IoT - krok 3

About your IBMid Account Privacy

This notice provides information about accessing your IBMid user account (Account). If you have previously been presented with a version of this notice, please refer to "Changes since the previous version of this notice" below for information about the new updates.

+ Changes since the previous version of this notice

+ How long we keep your data

Your rights

Our [Privacy Statement](#) provides more information about your personal data rights. It also provides contact information if you have questions or concerns regarding our handling of your personal data.

Acknowledgement

I acknowledge that I understand how IBM is using my Basic Personal Data and I am at least 16 years of age.

Potvrďte legislativní ustanovení

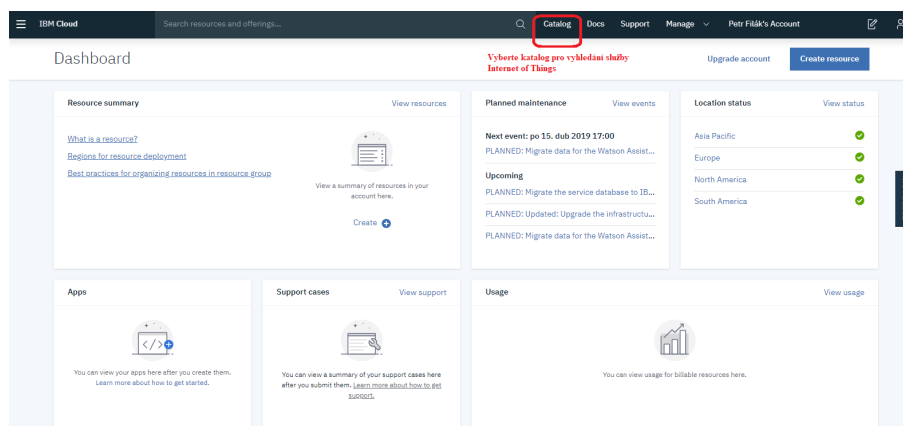
Proceed

Cancel Sign In

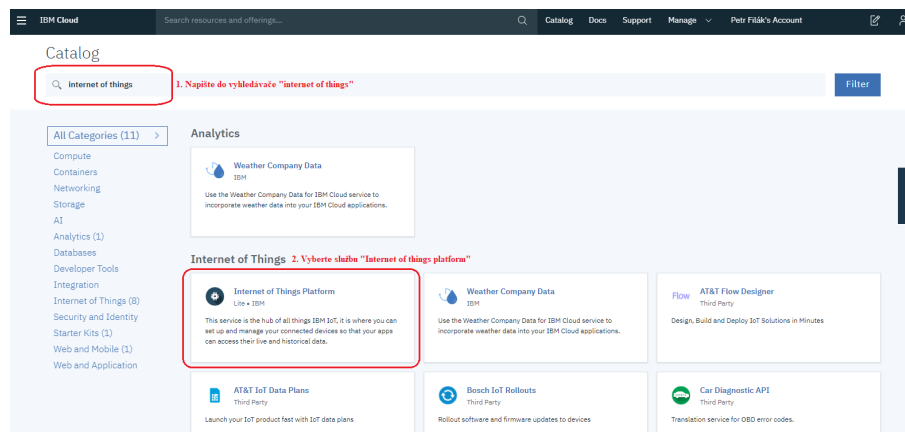
Obrázek 30: Registrace IBM Watson IoT - krok 4

A.5.2 Výběr služby Watson IoT platform

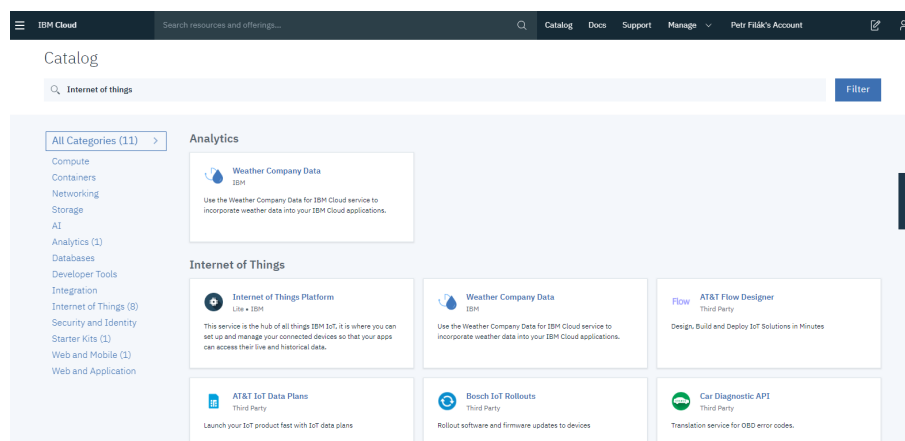
Nyní máte přístup k službám IBM Cloud. V této úloze si vystačíte s Watson IoT Platform. Podle obrázku 8 klikněte na "Catalog" a do vyhledávače napište název požadované služby, poté vyberte službu Internet of Things platform (obrázek 9). Otevře se Vám nová stránka, kde pouze potvrdíte kliknutím na tlačítko "Create". Nyní můžete tuto službu používat kliknutím na tlačítko "Launch", čímž spustíte službu.



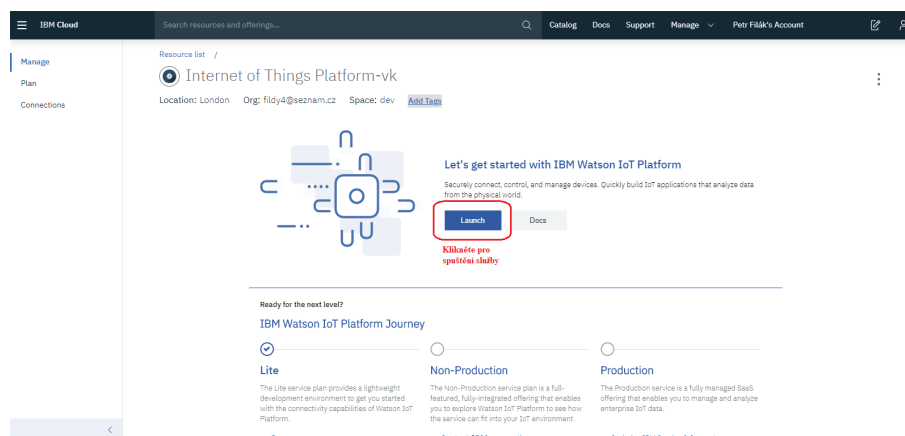
Obrázek 31: Registrace IBM Watson IoT - krok 5



Obrázek 32: Registrace IBM Watson IoT - krok 6



Obrázek 33: Registrace IBM Watson IoT - krok 7

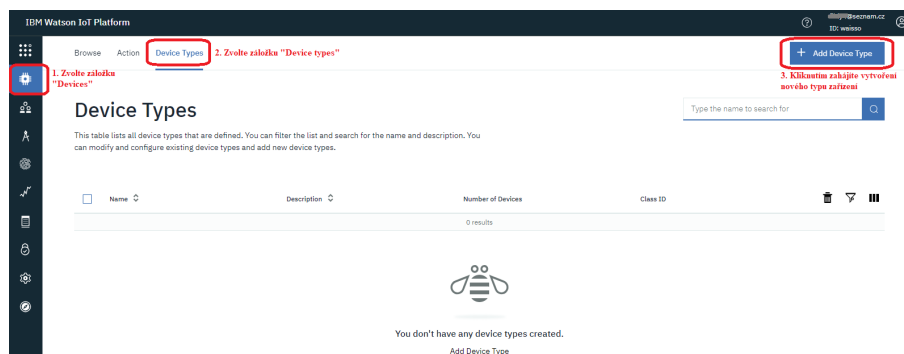


Obrázek 34: Registrace IBM Watson IoT - krok 8

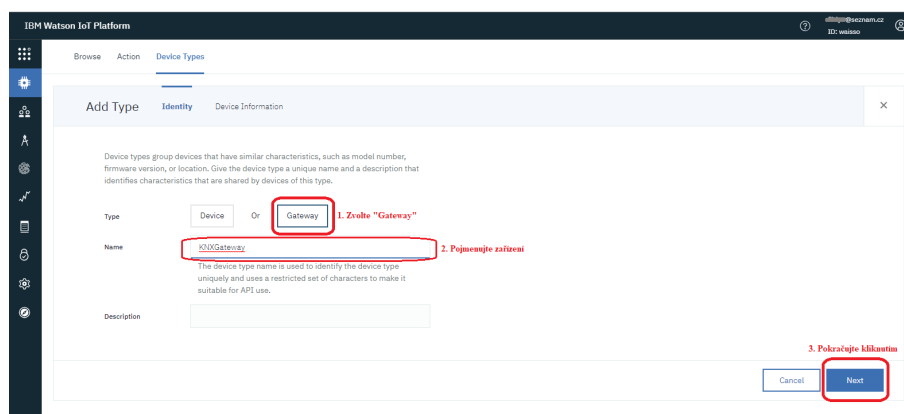
A.5.3 Nastavení služby Internet of Things Platform

Tato služba umožňuje výměnu dat mezi zařízeními, které si daná data požádají. Aby to bylo možné, je nutné nastavit pro jednotlivá zařízení způsob připojení. Webové rozhraní této služby umožňuje snadnou konfiguraci všeho potřebného. Menu nabízí několik možností. V této úloze budete používat pouze záložku "Devices" a "Board". Konfiguraci začnete rozkliknutím záložky "Devices", kterou naleznete v menu. Otevře se vám seznam zařízení, který je nyní prázdný. Aby bylo možné připojit jakékoliv zařízení, je nutné nejprve vytvořit "Device Type". Budete tvořit celkem dva typy zařízení. Jeden, který bude představovat přístupovou bránu do KNX instalace a druhý, který bude představovat jednotlivé KNX přístroje (senzory).

Nyní tedy začnete tvořit první Device type, který bude sloužit jako brána - Gateway do KNX instalace. Klikněte na záložku "Device Types" a pokračujte kliknutím na "Add Device Type" (obrázek 12). Vyberte typ "Gateway", a vložte název. Název je libovolný, ale pro tuto úlohu napište "Gateway" a pokračujte stisknutím "Next" (obrázek 13). Nyní jste vyzváni k vložení metadat o zařízení. Tyto informace nejsou nezbytné, proto je možné tento krok přeskočit a pokračovat kliknutím "Next".



Obrázek 35: Blokové schéma



Obrázek 36: Blokové schéma

Nyní je typ zařízení gateway vytvořen a je možné vytvořit jednu instanci tohoto typu. Klikněte na "Register Devices"(obrázek 15). Otevře se vám nový průvodce pro vytvoření instance zařízení. Podle obrázku 16 vyberte o jaký typ zařízení se bude jednat - seznam Device Type vám nabídne pouze vámi vytvořené typy, nyní je v nabídce pouze KNXGateway. Dále vložte ID zařízení, např. MojeGateway a pokračujte stisknutím "next". Nyní je možné vkládat metadata o zařízení - opět je možno tento krok přeskočit (obrázek 17). Krok na obrázku 18 také přeskočte a pokračujte kliknutím "Next". V dalším kroku jste vyzváni k vložení ověřovacího tokenu. Ten není nutné psát, protože bude vygenerován automaticky (obrázek 19). Pokračujte kliknutím "Next". Nyní vyzváni ke kontrole údajů a můžete potvrdit kliknutím "Done"(obrázek 20). Nyní se vám zobrazí důležité informace. Údaje viz obrázek 21 je nutné si poznamenat! Po zavření této stránky již nebude možné ověřovací token znovu zobrazit. Tyto údaje budou potřebné pro navázání spojení mezi Watson IoT platform a KNX instalací.

IBM Watson IoT Platform

Browse Action Device Types

You can enter more information about the device type for identification purposes.

Serial Number Enter Serial Number

Model Enter Model

Description Enter Description

Hardware Version Enter Hardware Version

Manufacturer Enter Manufacturer

Device Class Enter Device Class

Firmware Version Enter Firmware Version

Descriptive Location Enter Descriptive Location

+ Add Metadata

Nepovinné údaje - možno vyplnit pro lepší přehled

Klikněte pro pokračování

Done

Obrázek 37: Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 1

IBM Watson IoT Platform

Browse Action Device Types

You added the new device type: KNXGateway

Nyní je vytvořen nový typ zařízení a je možno vytvářet nová zařízení tohoto typu

Register Device Advanced Flow

Optional

Register Devices, Define Interfaces

Now that you added a device type, you can register and connect devices for this type.

Register Device

Klikněte pro vytvoření nového zařízení, které bude představovat přístroj ke KNX síťovaci

Cancel Next

Obrázek 38: Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 2

IBM Watson IoT Platform

Browse Action Device Types

Add Device Identity Device Information Permissions Security Summary

Select a device type for the device that you are adding and give the device a unique ID.

Device Type 1 KIXGateway Vyberte typ

Device ID 2 MojeGateway Vlozte název

Pokračujte kliknutím

Cancel Next

Obrázek 39: Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 3

IBM Watson IoT Platform

Browse Action Device Types

Add Device Identity Device Information Permissions Security Summary

You can modify the default device information and enter more information about the device for identification purposes.

Serial Number Enter Serial Number

Model Enter Model

Description Enter Description

Hardware Version Enter Hardware Version

Manufacturer Enter Manufacturer

Device Class Enter Device Class

Firmware Version Enter Firmware Version

Descriptive Location Enter Descriptive Location

+ Add Metadata

Nepovinné údaje o zařízení

Pokračujte kliknutím

Previous Next

Obrázek 40: Watson IoT - nový Device type (Gateway) - krok 4

IBM Watson IoT Platform

Browse Action Device Types

Add Device Identity Device Information Permissions Security Summary

Gateway, as this role can act on behalf of the following devices.

Standard Gateway Add Devices

Device ID Device Type

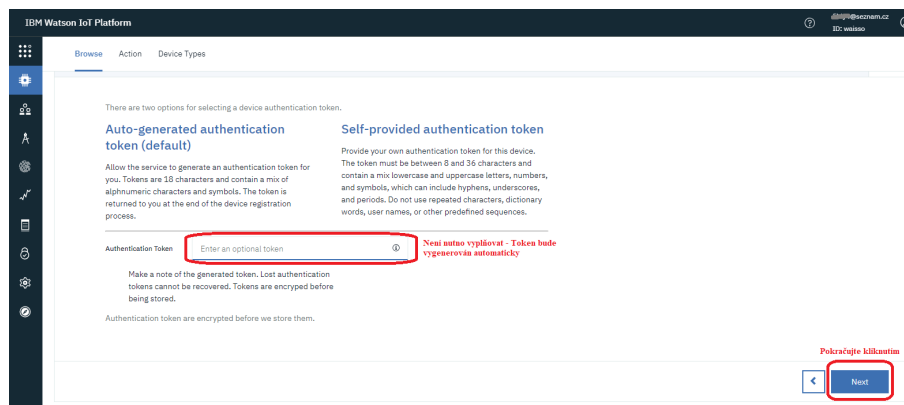
You currently don't have any devices added

Add Devices

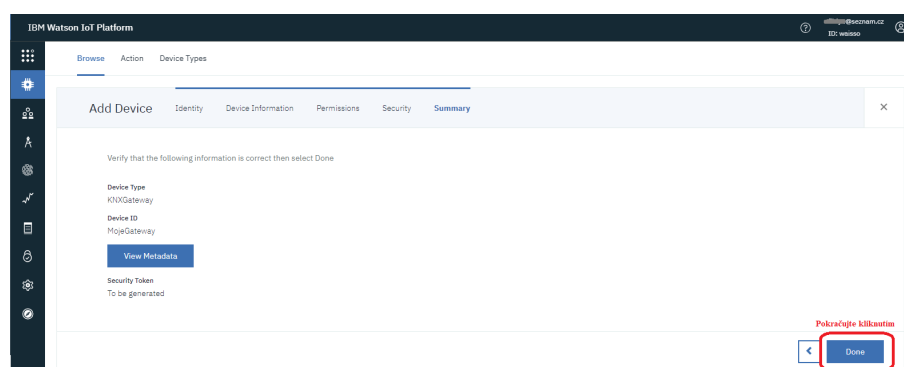
Pokračujte kliknutím

Previous Next

Obrázek 41: Watson IoT - nové zařízení - krok 1

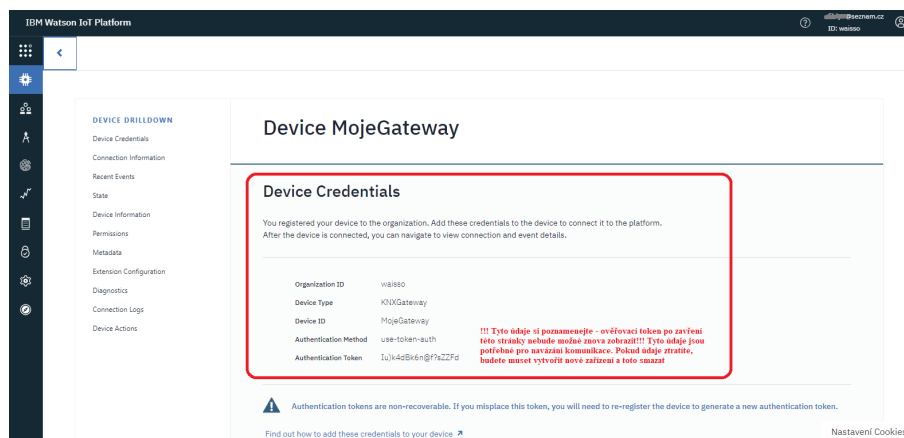


Obrázek 42: Watson IoT - nové zařízení - krok 2

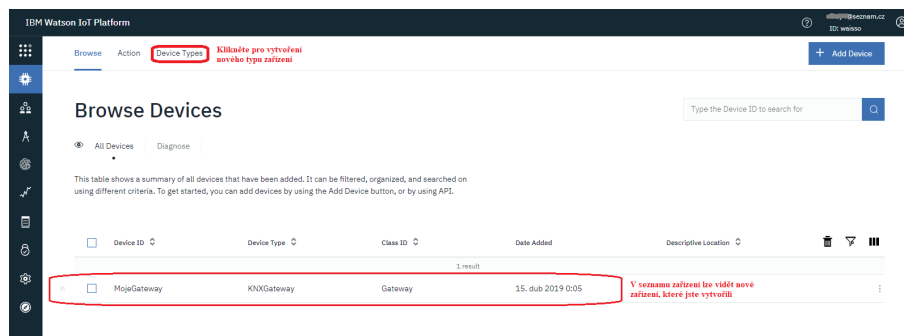


Obrázek 43: Watson IoT - nové zařízení - krok 3

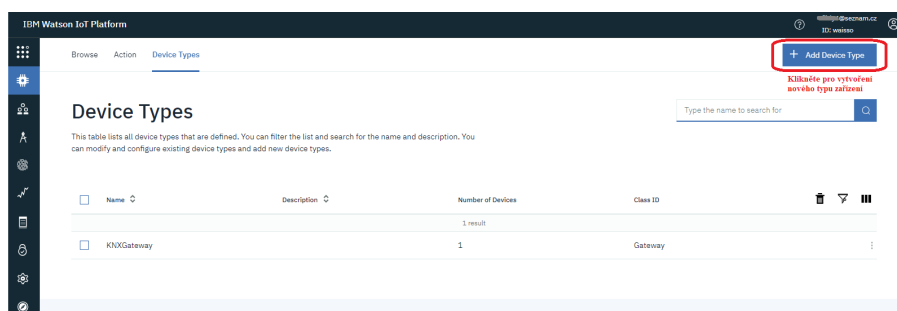
Nyní zbývá vytvořit Device Type pro KNX zařízení (senzory). Klikněte v hlavním menu na "Devices" a zvolte záložku "Device Types". Pokračujete podle obrázků 22 až 25.



Obrázek 44: Blokové schéma

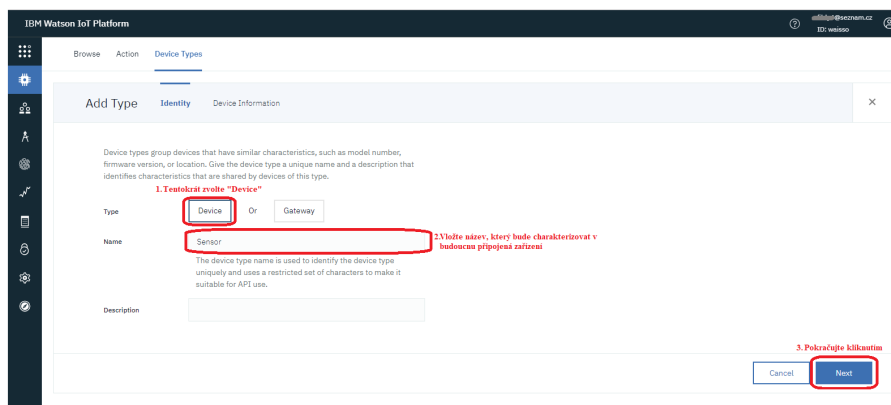


Obrázek 45: Watson IoT - přehled registrovaných zařízení



Obrázek 46: Watson IoT - nový Device type (Sensor) - krok 1

Podle obrázku 24 vyberte možnost "Device" a pojmenujte tento Device type jako "Sensor" (pojmenování jako Sensor je zde nutné).



Obrázek 47: Watson IoT - nový Device type (Sensor) - krok 1

Obrázek 48: Watson IoT - nový Device type (Sensor) - krok 1

Nyní je konfigurace IoT Platform hotová.

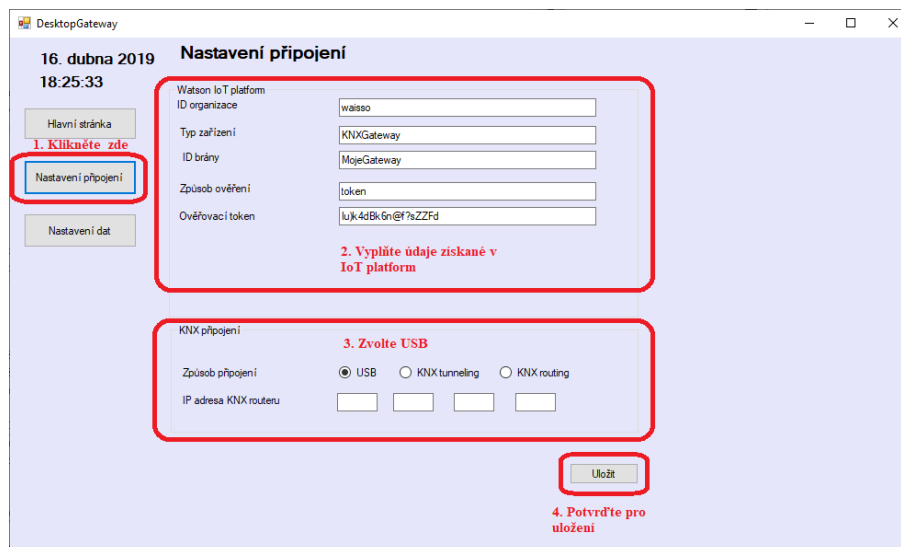
A.6 DesktopGateway

Aplikace DesktopGateway byla vytvořena pro tuto laboratorní úlohu tak, aby bylo ukázáno, jakým způsobem lze propojit dvě rozdílné technologie. Program byl tvořen v .NET frameworku. V praxi si může programátor vytvořit vlastní řešení. K dispozici mají vývojáři na výběr i z jiných programovacích jazyků (např. Java) a nechybí k nim ani dostatečná knihovná podpora.

Program nabízí konfiguraci připojení ke službě Watson IoT Platform a KNX sběrnici, dále umožňuje vložit konfigurační soubor skupinových adres pro výběr skupinových adres, které budou odesílat data do služby Watson IoT Platform.

A.6.1 Nastavení připojení

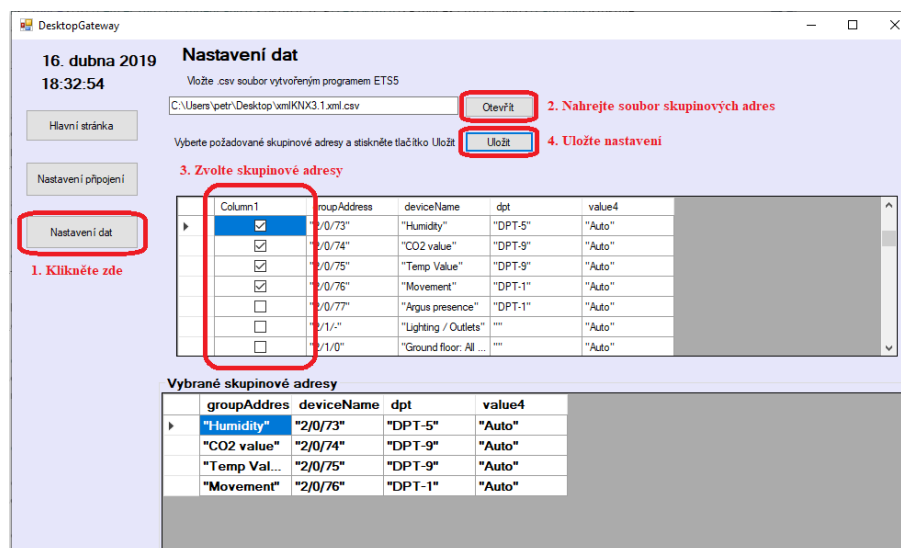
Spusťte program DesktopGateway a klikněte na tlačítko "Nastavení připojení". V sekci "Watson IoT Platform" vyplňte údaje, které jste si poznamenali při vytváření Gateway viz obrázek 21. Políčko "Způsob ověření" je již předvyplněné, ponechte jej tak. V sekci "KNX připojení" zvolte způsob komunikace s KNX instalací. V této laboratorní úloze si postačí s USB připojením. Klikněte na "Uložit".



Obrázek 49: Nastavení připojení

A.6.2 Nastavení dat

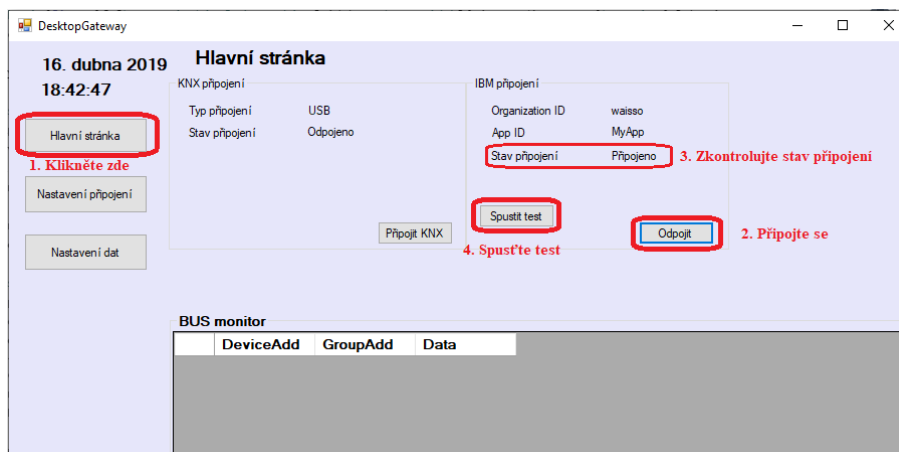
Pod touto volbou se nachází možnost vložení KNX souboru skupinových adres. Načtete soubor. Program vám vypíše všechny skupinové adresy. Zvolte adresy, jejichž data budou odesílány do služby Watson IoT. Ideálně skupinové adresy, do nichž jsou posílány data jako jsou teplota, vlhkost, hladina CO2 atd. Svou volbu potvrďte tlačítkem uložit.



Obrázek 50: Nastavení dat

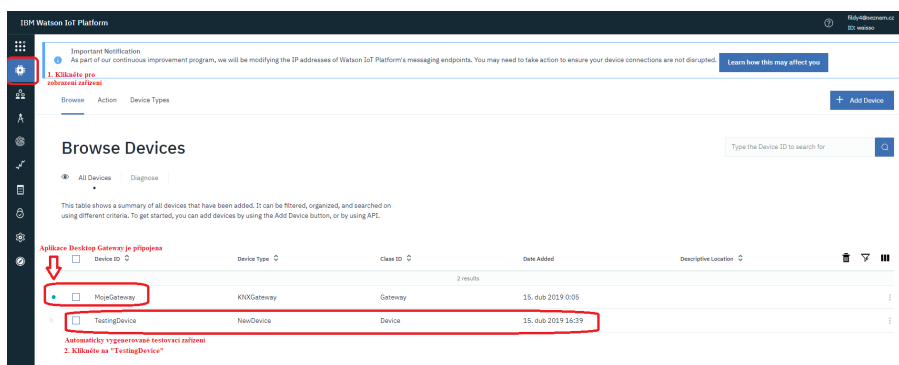
A.6.3 Testování spojení s Watson IoT Platform

Je-li vše nakonfigurované, můžete otestovat konektivitu DesktopGateway a Watson IoT Platform. Přejděte na hlavní stránku a stiskněte tlačítko "Připojit IBM". Pokud je spojení úspěšné, změní se stav připojení na "Připojeno" a uvolní se tlačítko "spustit test". Spusťte test, čímž začnete odesílat náhodné hodnoty do IoT Platform.



Obrázek 51: Připojení a testování

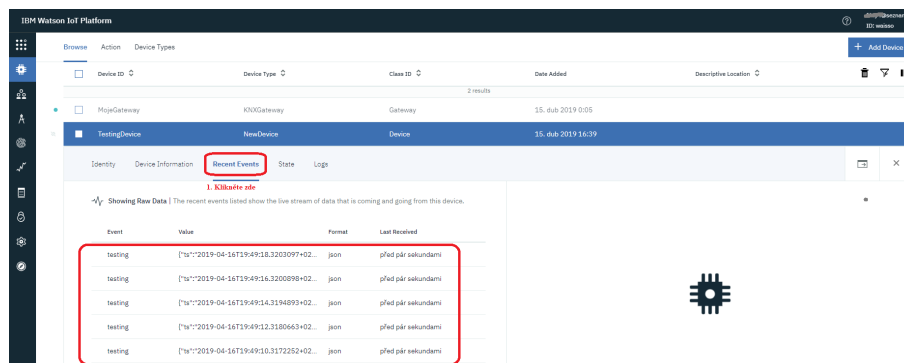
Přejděte do webového rozhraní IoT Platform a rozklikněte v menu záložku "Devices". Je-li spojení úspěšné, svítí u KNXGateway zelený symbol, čímž je signalizováno, že je aplikace DesktopGateway připojena (obrázek). Dále v seznamu přibyló nové zařízení s ID "TestingDevice", což je testovací zařízení, které posílá data z DesktopGateway. Toto zařízení bylo do seznamu přidáno automaticky. Pokud začnou nějaká zařízení posílat data do této služby, která zde ještě nejsou vytvořena, jsou automaticky vygenerována a v seznamu již zůstanou. Generování probíhá na základě ID zařízení, což v této úloze budou skupinové adresy.



Obrázek 52: Kontrola připojení ve webovém rozhraní IoT Platform

Nyní tedy klikněte na toto nové zařízení "TestingDevice". Zobrazí se vám možnosti tohoto zařízení. Klikněte na záložku "Events". Zde se vám začnou zobrazovat události generované tímto

zařizním. Jedná se o soubory formátu JSON, které nesou užitečná data. Toto testovací zařízení odesílá každé 2 vteřiny náhodnou číselnou hodnotu v intervalu 15-25. Každý takový soubor lze rozkliknout a prohlédnout si data.

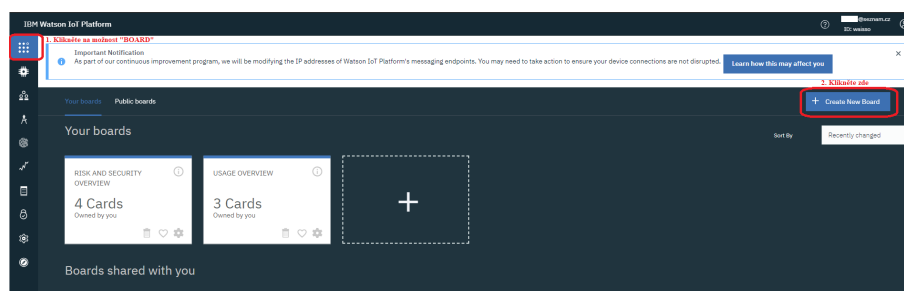


Obrázek 53: Kontrola příjmu testovacích dat

Tato data nejsou prozatím nikde ukládána. Je jen na vývojáři-uživateli, jak s daty naloží. IBM Cloud služby umožňují propojení s dalšími službami, jako například s databází, či některou predikční službou, které mohou data dále zpracovávat. Dále je možno vytvořit libovolnou aplikaci (například mobilní), která bude připojena ke stejné službě jako aplikace DesktopGateway a ty si pak mohou vzájemně vyměňovat data a příkazy.

A.6.4 Vizualizace dat Watson IoT

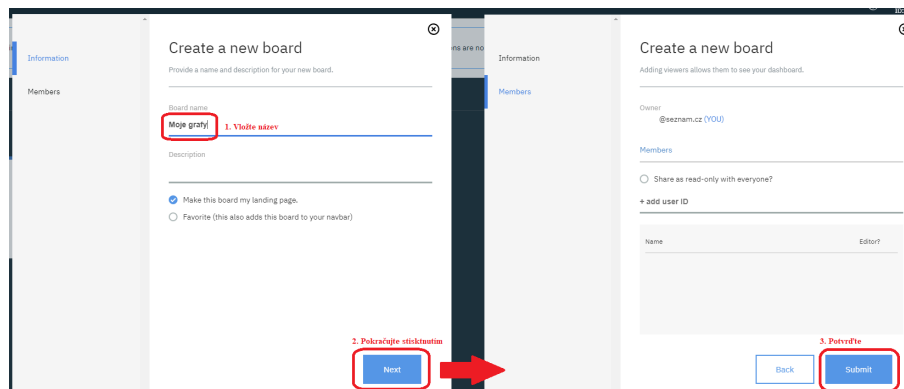
Webové rozhraní Watson IoT Platform umožňuje přijatá data vizualizovat formou grafů. K tomu slouží záložka "Board", kterou naleznete v menu. Zde můžete vizualizovat data testovacího zařízení. Klikněte tedy na tlačítko "Create New Board". V následujících krocích vložte pouze libovolný název nové karty a pokračujte dále. Nyní máte vytvořenou novou kartu, kterou rozklikněte. Zde můžete vytvářet například grafy pro libovolná zařízení.



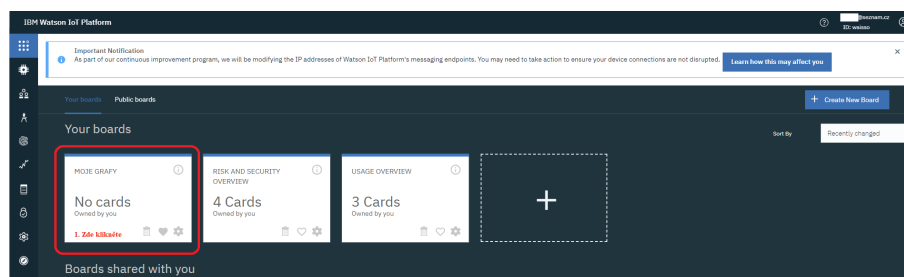
Obrázek 54: Menu Board

Klikněte na tlačítko "Add New Card". Otevře se Vám nabídka možností. Vyberte graf "Line Chart". Nyní máte na výběr zařízení, jejichž data chcete vizualizovat. Vyberte tedy "TestingDevice". Nyní klikněte na tlačítko "Connect new data set". Zde nastavujete data a jejich formát,

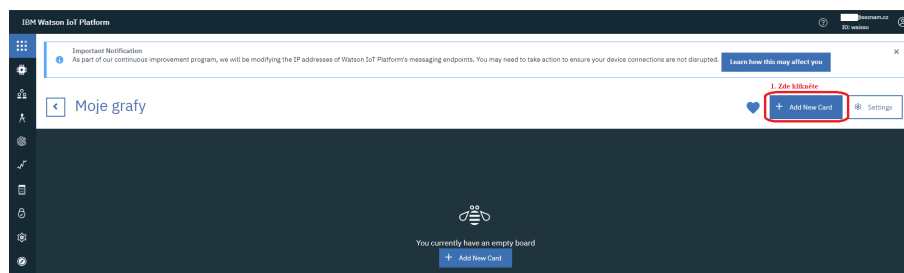
která se mají zobrazovat. Do pole Event vložte "testing", do pole Property vložte "d". Type vyberte "Number" a Unit můžete zvolit například stupeň celsia (obrázek). Data set potvrďte tlačítkem "Next". nyní si můžete vybrat velikost a typ grafu. Velikost zvolte libovolnou. Typ grafu ponechte přednastavený spojnicový. Pokračujte tlačítkem "Next". Budete vyzváni k výběru barvy grafu a potvrzení. Nyní máte vytvořený graf, do kterého se dynamicky přidávají generované hodnoty, které jsou posílány z DesktopGateway.



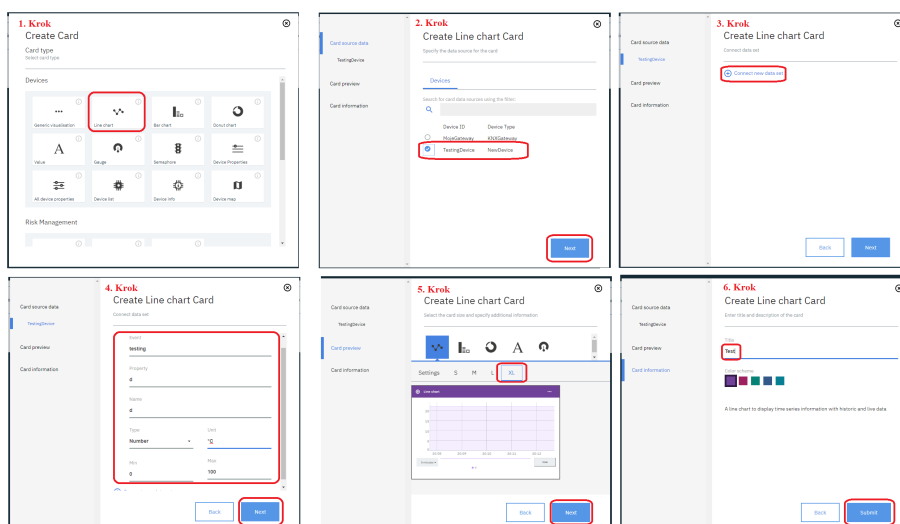
Obrázek 55: Nový Board



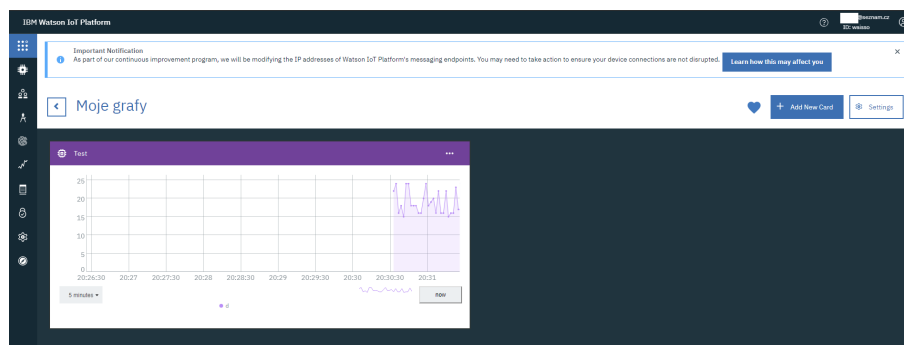
Obrázek 56: Otevřít Board



Obrázek 57: Vytvořit nový graf



Obrázek 58: Pohled na přenášená data



Obrázek 59: Pohled na přenášená data

A.6.5 navázání spojení s KNX instalací

Je-li konektivita mezi DesktopGateway a Watson IoT úspěšně navázána, můžete připojit pomocí USB kabelu PC a KNX USB zařízení. Pokud máte v aplikaci DesktopGateway vybrán typ zařízení USB a zvolené skupinové adresy (viz kapitola nastavení dat), Klikněte na tlačítko "Připojit KNX". Je-li spojení úspěšné, změní se status na "Připojeno". V tabulce "Bus monitor" se postupně začnou zobrazovat telegramy, které proudí po KNX sběrnici. Pokud se na sběrnici objeví telegram určený vybrané skupinové adrese, budou tato data posílána do služby IoT platform. Mějte ve webovém prohlížeči otevřené webové rozhraní IoT platform a kontrolujte proudící data.

B Výukové panely a přístroje použité pro interakci

1. Senzor teploty a úrovně okolního světla – MTN663991
 - Rozsah teploty: -25°C až +55°C ($\pm 5 \%$ nebo $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - Rozsah jasu: 1 až 100000 lux ($\pm 20 \%$ nebo ± 5 lux)
 - maximální spotřeba energie: 150 mW
 - Konfigurovaná individuální adresa: 1.1.42
2. Senzor CO₂, teploty a vlhkosti ve vzduchu – MTN6005-0001
 - Rozsah teploty: -25°C až +55°C
 - Rozsah Vlhkosti: 20% až 100%
 - Rozsah CO₂: 300ppm až 9999ppm
 - Maximální spotřeba proudu: 10 mA
 - Konfigurovaná individuální adresa: 1.1.124
3. Senzor přítomnosti s vestavěným senzorem úrovně okolního osvětlení - MTN630719
 - Detekovatelný úhel: 360°
 - Montážní výška: až 5m (optimum 2,5m)
 - Detekovatelná vzdálenost: až 17m (14m při výšce 2,5m)
 - Nastavení jasu: 10-2000lux
 - Konfigurovaná individuální adresa: 1.1.1
4. Senzor pohybu – MTN631719
 - Detekovatelný úhel: 180°
 - Montážní výška: 220cm
 - Detekovatelná vzdálenost: 12m
 - Rozsah jasu: 10-2000lux
 - Konfigurovaná individuální adresa: 1.1.29
5. KNX/IP router REG-K – MTN680329
 - maximální spotřeba energie : 800mW
 - Připojení: RJ-45
 - pracovní teplota: -5°C až +45°C
 - Konfigurovaná individuální adresa: 1.1.0

6. KNX USB rozhraní – MTN681799

- Kompatibilní s USB 1.1/2.0
- Připojení: USB socket, type B
- pracovní teplota: -5°C až +45°C
- Konfigurovaná individuální adresa: 1.1.19



Obrázek 60: MTN663991



Obrázek 61: MTN6005-0001



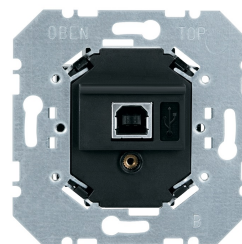
Obrázek 62: MTN630719



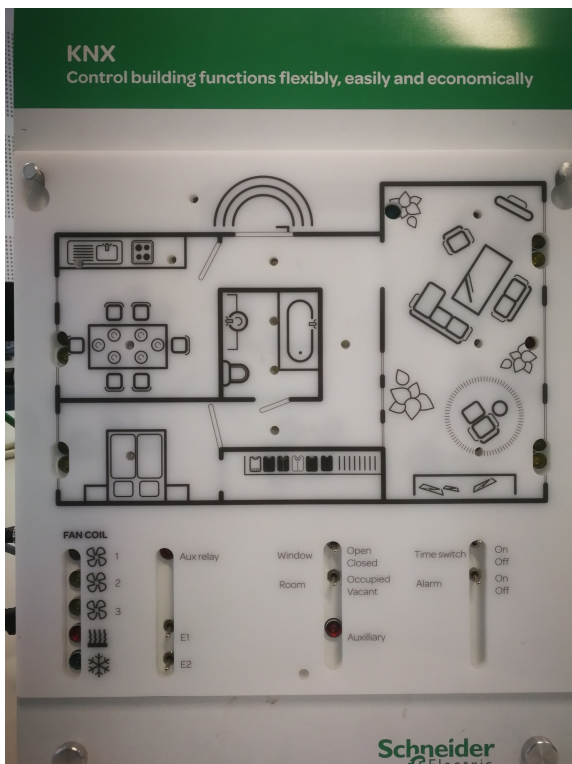
Obrázek 63: MTN631719



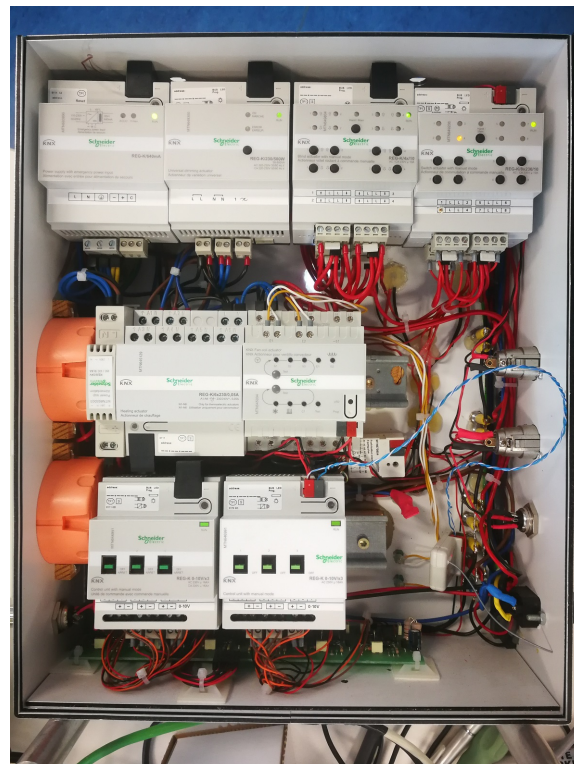
Obrázek 64: MTN680329



Obrázek 65: MTN681799



Obrázek 66: Panel bytové jednotky z přední strany



Obrázek 67: Panel bytové jednotky ze zadní strany



Obrázek 68: Panel s ovládacími prvky



Obrázek 69: Žaluziový modul a senzor teploty a jasu



Obrázek 70: KNX/IP Router



Obrázek 71: USB rozhraní



Obrázek 72: Senzor přítomnosti

C Aplikace DesktopVisualization

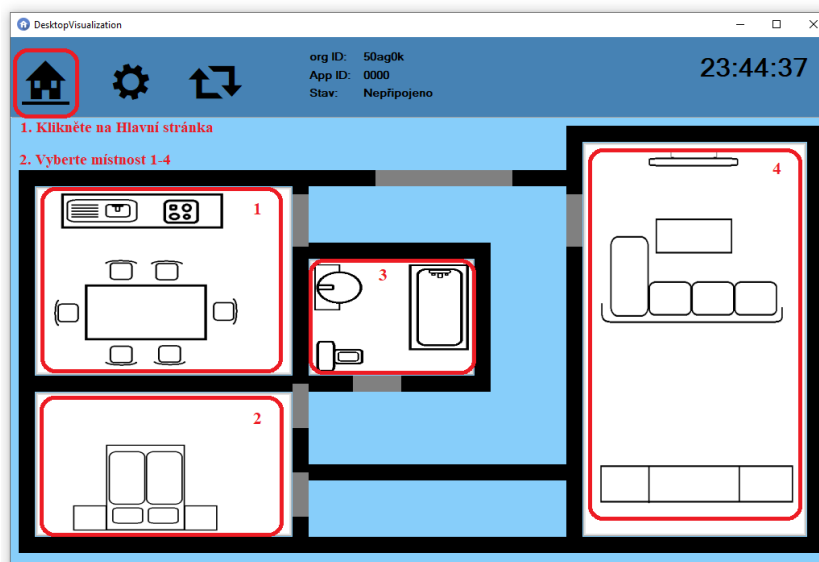
C.1 Menu nastavení

Pro nastavení připojení je potřeba kliknout na ikonu nastavení. Zobrazí se formulář, do kterého se vkládají údaje získané při tvorbě aplikace v službě Watson IoT Platform. Dále je nutné vložit soubor skupinových adres vygenerovaný konfiguračním programem ETS5. Nastavení se ukládá tlačítkem Uložit. Pokud jsou údaje platné, může být navázáno spojení kliknutím na tlačítko Připojit. Stejným tlačítkem je možno aplikaci odpojit.

Obrázek 73: Menu nastavení

C.2 Hlavní stránka

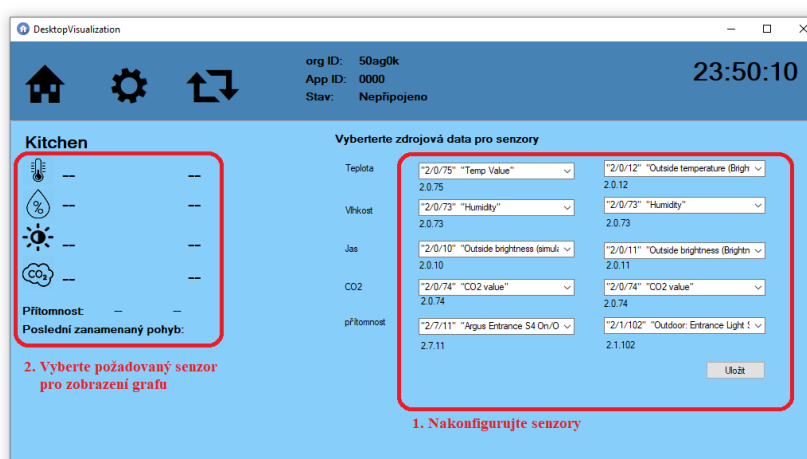
Hlavní stránka nabízí pohled na bytovou jednotku, která představuje výukový panel v učebně FEI EB312. Zde je možno vybrat místnost 1-4, čímž je zahájena konfigurace pro vizualizaci dat.



Obrázek 74: Menu Hlavní stránka

C.3 Zvolená místnost

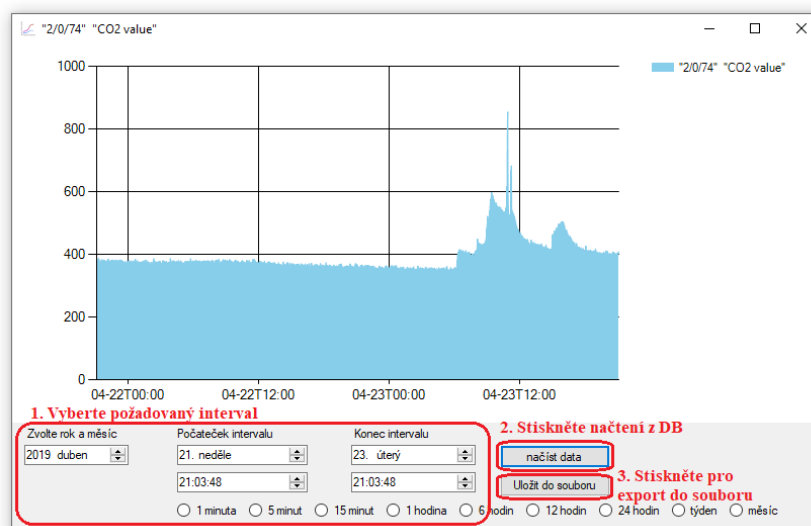
Pro konfiguraci jednotlivých senzorů jsou na výběr skupinové adresy, které byly načteny ze souboru skupinových adres. Je potřeba nastavit požadované senzory a potvrdit kliknutím na Uložit. Nyní je možno kliknout na hodnotu požadovaného senzoru, čímž se vyvolá otevření nového okna s grafickou vizualizací dat.



Obrázek 75: Zvolená místnost

C.4 vizualizace dat

V tomto okně má uživatel na výběr z několika intervalů, které zobrazí data od aktuálního okamžiku po zvolený interval. Dále může zvolit zcela libovolný interval. Pokud jsou data pro vybranou skupinovou adresu v databázi k dispozici, dojde ke grafickému zobrazení průběhu hodnot. Poslední možností v tomto okně je export vybraného intervalu do souboru formátu xls pro Excel.



Obrázek 76: Graf průběhu hodnot